

2005

01153

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO.



FACULTAD DE INGENIERÍA.

ESPECIALIDAD DE PERFORACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS.

PROYECTO TERMINAL

TEMA : " SOLUCIÓN A PROBLEMAS DE INCRUSTACIONES DE SAL PARA  
MANTENER LA PRODUCCIÓN DE ACEITE EN POZOS DEL CAMPO  
RODADOR DEL ACTIVO CINCO PRESIDENTES, REGIÓN SUR "

OBJETIVO :. PROPONER SOLUCIONES PRÁCTICAS Y DE BAJO COSTO A LOS  
PROBLEMAS DE INCRUSTACIONES DE SAL EN LOS APAREJOS  
DE PRODUCCIÓN DEL CAMPO RODADOR.

EXPOSITOR : ING. CERVEY JUÁREZ MORALES.

ASESOR : M.I. CUAUHTÉMOC C. ZAPATA GONZÁLEZ.

JUAREZ MORALES, CERVEY

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



m343544

2005



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# C O N T E N I D O :

**INTRODUCCIÓN.**

**ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA DEL CAMPO RODADOR.**

**CAPITULO I .- INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.**

- A).- FUNDAMENTOS.
- B).- ORIGEN DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.
- C).- UBICACIÓN DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.
- D).- PREVENCIÓN DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.
- E). -TIPOS DE INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.
- F).- MÉTODOS DE REMOCIÓN DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.
- G).- CONTROL DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.

**CAPÍTULO II .- ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DEL CAMPO RODADOR.**

**CAPÍTULO III .- DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.**

**CAPÍTULO IV .- SOLUCIONES PROPUESTAS.**

- A) .- SELECCIÓN.
- B) .- DISEÑO.

**CAPÍTULO V .- ANÁLISIS ECONÓMICO.**

**CONCLUSIONES.**

**RECOMENDACIONES.**

**BIBLIOGRAFÍA.**

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: JUARES HERNANDEZ  
CERVELLO

FECHA: 27-04-2005

FIRMA: [Firma] P.A. HUBO BECERRIL TAJOBO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**"SOLUCIÓN A PROBLEMAS DE INCRUSTACIONES DE SAL PARA  
MANTENER LA PRODUCCIÓN DE ACEITE EN POZOS DEL  
CAMPO RODADOR DEL ACTIVO CINCO PRESIDENTES, REGION  
SUR"**

Proyecto Terminal presentado por: Ing. Cervy Juárez Morales

Dirigido por: Ing. Cuauthémoc C. Zapata González

**Jurado:**

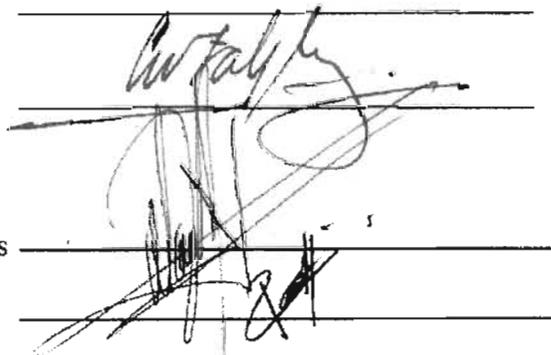
Presidente:

Vocal: M.I. Cuauthémoc C. Zapata González

Secretario:

1er. Suplente: Ing. Martín Valenzuela Cáceres

2do. Suplente: Ing. Ricardo Ramírez Lara

The image shows four horizontal lines representing signature lines. The top line has a signature that appears to be 'Cuauthémoc C. Zapata González'. The second line has a signature that appears to be 'Martín Valenzuela Cáceres'. The third line has a signature that appears to be 'Ricardo Ramírez Lara'. The bottom line is empty.

Ciudad Universitaria, México, D.F.  
Noviembre del 2002



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESPECIALIDAD EN PERF. Y MANTTO. DE POZOS



## INTRODUCCION:

EL ACTIVO 5 PRESIDENTES SE LOCALIZA A 40 KMS. AL S. 85° E. DE LA CD. DE COATZACOALCOS, VER.; COMPRENDE LO QUE ANTERIORMENTE FUÈ EL DISTRITO DE AGUA DULCE, VER. ABARCANDO LOS SECTORES DE EL PLAN Y NANCHITAL, VER.

LA EXPLOTACION DE SUS CAMPOS PETROLEROS SE INICIÒ EN 1911; CONTANDO CON MÀS DE 40 CAMPOS EN DESARROLLO, ACTUALMENTE SU EXPLOTACIÒN SE BASA EN 20 CAMPOS PRODUCIENDO EN LAS ARENAS DEL TERCIARIO Y MESOZOICO CON UNA PRODUCCIÒN DIARIA PROMEDIO DE 39,000 BPD DE ACEITE Y 65.91 MMPCD DE GAS. (VER FIGURA N° 1)

UNA DE LAS CAUSAS PRINCIPALES EN LA FALTA DE INCREMENTO DE LA PRODUCCIÒN EN EL ACTIVO SE DEBE A QUE DURANTE LA ÒLTIMA DÈCADA LOS POZOS EXPLORATORIOS PERFORADOS HAN RESULTADO IMPRODUCTIVOS COMO SON ATEPONTA, TABACO, CHAYA, CHAMIGUA, ETC.; ADEMÀS, LOS POZOS DE DESARROLLO PERFORADOS EN LOS CAMPOS ARROYO PRIETO Y LA CENTRAL NO RESPONDIERÒN A LAS EXPECTATIVAS DE LOS TÈCNICOS RESPONSABLES.

PARA MANTENER LA PRODUCCIÒN DEL ACTIVO ES NECESARIO LA REALIZACIÒN CONTÌNUA DE TRABAJOS COMO SON:

- REPARACIONES MAYORES Y MENORES CON EQUIPOS CONVENCIONALES.
- REPARACIONES MAYORES SIN EQUIPO (DCP).
- OPERACIONES CON EQUIPOS ESPECIALES (TOMA DE REGISTROS DE PRESIONES DE FONDO, PRUEBAS DE VARIACIÒN DE PRESIONES, TOMA DE REGISTROS GEOFÌSICOS, ETC.)
- OPERACIONES ESPECIALES (ESTIMULACIONES Y FRACTURAMIENTOS HID.)
- OTROS (COLOCACIÒN DE EMBOLOS VIAJEROS, ESTRANGULADORES DE FONDO, ETC.)

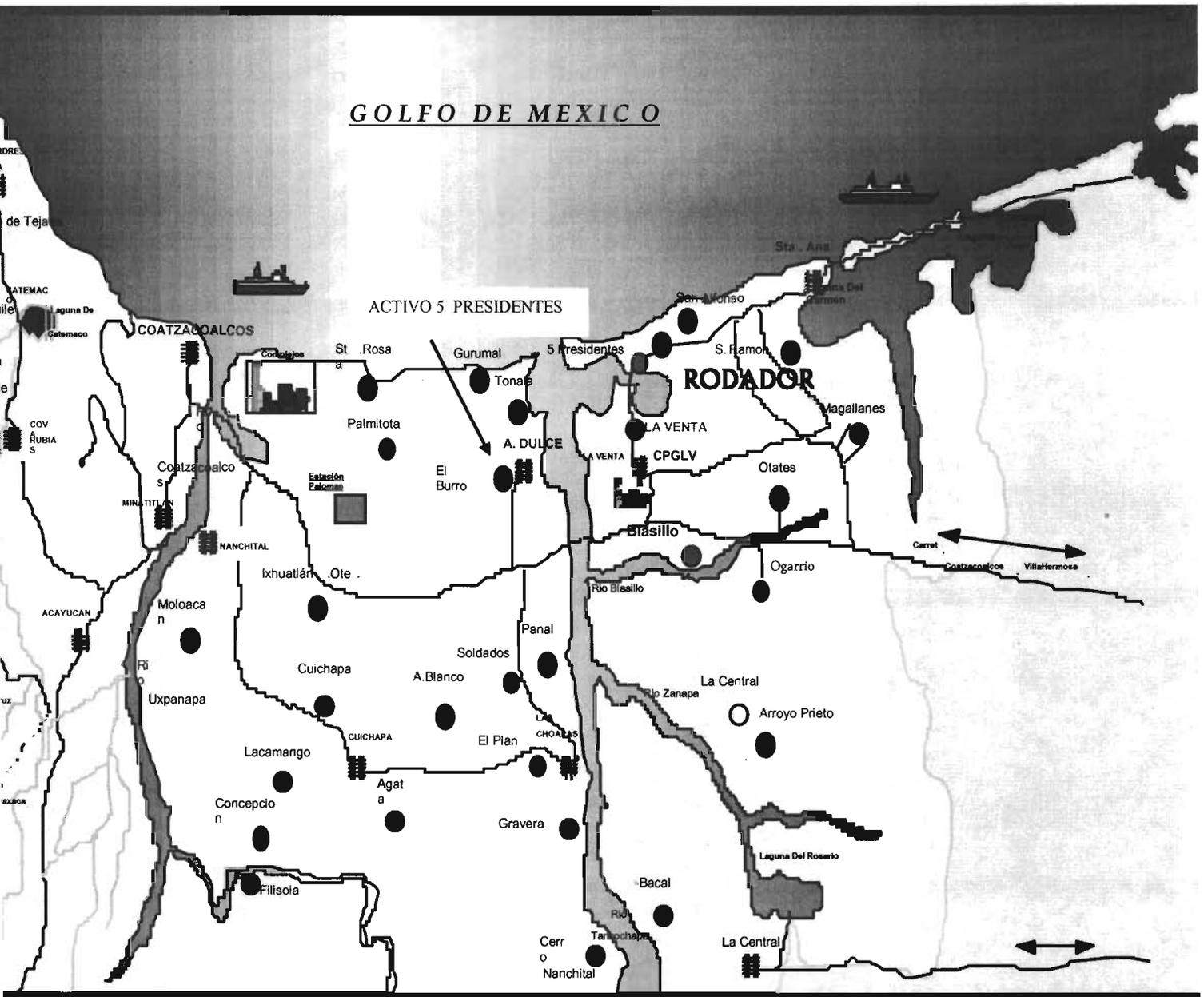


FIGURA N° 1.- LOCALIZACIÓN DEL ACTIVO CINCO PRESIDENTES.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ENTRE LOS PRINCIPALES CAMPOS PRODUCTORES SE TIENEN : 5 PRESIDENTES( 9,113 BPD ),OGARRIO(6,293 BPD),RODADOR(4,290 BPD),MAGALLANES(3,696 BPD), C.NANCHITAL (2,400 BPD) Y BLASILLO (2450 BPD).

PARA LA OBTENCIÓN DE SUS HIDROCARBUROS, CASI EL TOTAL DE SUS POZOS CUENTA CON SISTEMAS ARTIFICIALES DE PRODUCCIÓN, PRINCIPALMENTE DE BOMBEO NEUMÁTICO Y MECÁNICO; ADEMÁS DE LA RECUPERACIÓN SECUNDARIA A TRAVÉS DE LA INYECCIÓN DE AGUA EN LOS CAMPOS 5 PRESIDENTES, MAGALLANES, OTATES, CUICHAPA, AGATA Y BACAL.

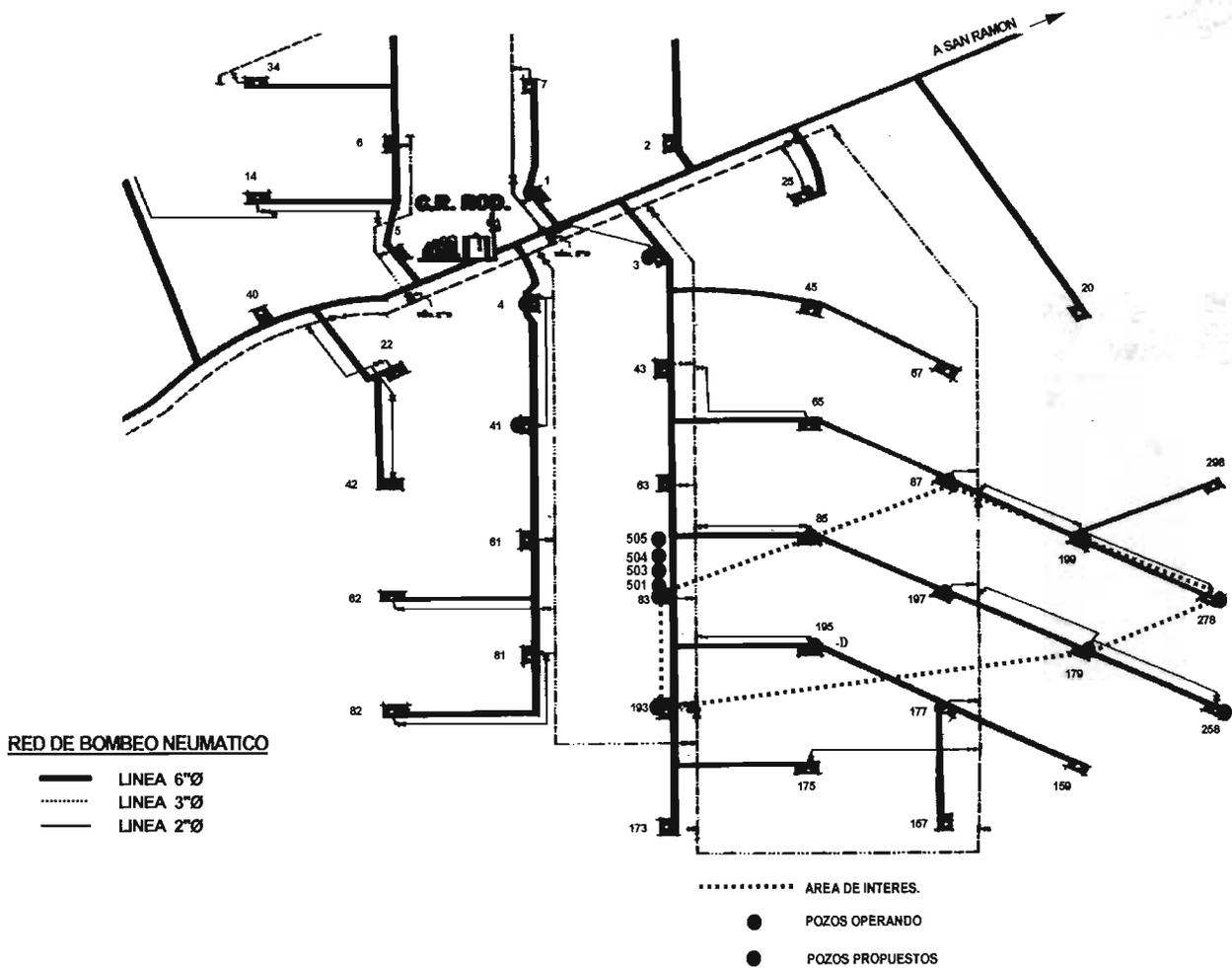
COMO SE DESCRIBIÒ ANTERIORMENTE, EL ACTIVO CUENTA CON CAMPOS MUY ANTIGUOS QUE CONTINÚAN PRODUCIENDO, HACIENDO CADA VEZ MÁS DIFÍCIL LA OBTENCIÓN DE LOS HIDROCARBUROS DEBIDO PRINCIPALMENTE A LA DECLINACIÓN PROPIA DE LOS CAMPOS, AUNADO A LOS PROBLEMAS MECÁNICOS Y DE YACIMIENTO COMO :

- ROTURAS DE LAS TRs DE EXPLOTACIÓN.
- ARENAMIENTO Y PARAFINAS.
- AVANCE NATURAL DEL AGUA DE FORMACIÓN.
- INCRUSTACIONES DE SAL EN LOS APAREJOS DE PRODUCCIÓN.

ESTE ÚLTIMO PROBLEMA SE PRESENTA EN EL CAMPO RODADOR ,AFECTANDO A UN 30 % DEL TOTAL DE POZOS EN PRODUCCIÓN, POR LO CUÁL ES IMPORTANTE SU SOLUCIÓN.

## ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA DEL CAMPO RODADOR.

EL CAMPO RODADOR ES UNO DE LOS IMPORTANTES CAMPOS TANTO EN PRODUCCIÓN COMO EN RESERVA; POR LO QUE REPRESENTA UNA BUENA OPORTUNIDAD PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE ACEITE DEL ACTIVO 5 PRESIDENTES, HACIENDO NECESARIO LA APROBACIÓN DE PROYECTOS EN DESARROLLO COMO SON EL DE PERFORAR 4 POZOS DIRECCIONALES DESDE LA LOCALIZACIÓN DEL POZO N° 83 Y 2 REENTRADAS A TRAVÉS DE LOS POZOS N° 298 Y 65, APROVECHANDO LA INFRAESTRUCTURA CON QUE CUENTA ACTUALMENTE EL CAMPO EN CUESTIÓN (VER FIGURA N° 2).



**FIGURA N° 2.- ÁREA CON POSIBILIDADES PARA INCREMENTAR LA PROD. DEL CAMPO.**

EL CAMPO RODADOR SE LOCALIZA EN EL EJIDO "LEYES DE REFORMA", MUNICIPIO DE CÁRDENAS EN EL ESTADO DE TABASCO , A 30 KMS. DEL ACTIVO; LA EXPLOTACIÓN DEL CAMPO SE INICIÒ EN 1971, TIENE UNA SUPERFICIE DE 4,843 KM<sup>2</sup> ,EL YACIMIENTO PERTENECE A LA FORMACIÓN ENCANTO. PERIODO Terciario, ÉPOCA DEL MIOCENO INFERIOR-MEDIO, PRESENTANDO 21 ARENAS QUE CONTIENEN HIDROCARBUROS.

Cuenta actualmente con 47 pozos perforados, de los cuales 12 son productores con una producción promedio de 390 BPD y una reserva remanente de aceite de 31 MMBLS. Actualmente tiene una producción acumulada de aceite de 22 MMBLS. y de gas de 30 MMPC. Presenta una producción promedio diaria de aceite y gas de 4,289 BPD y 4.285 MMPCD respectivamente (ver figura 3).

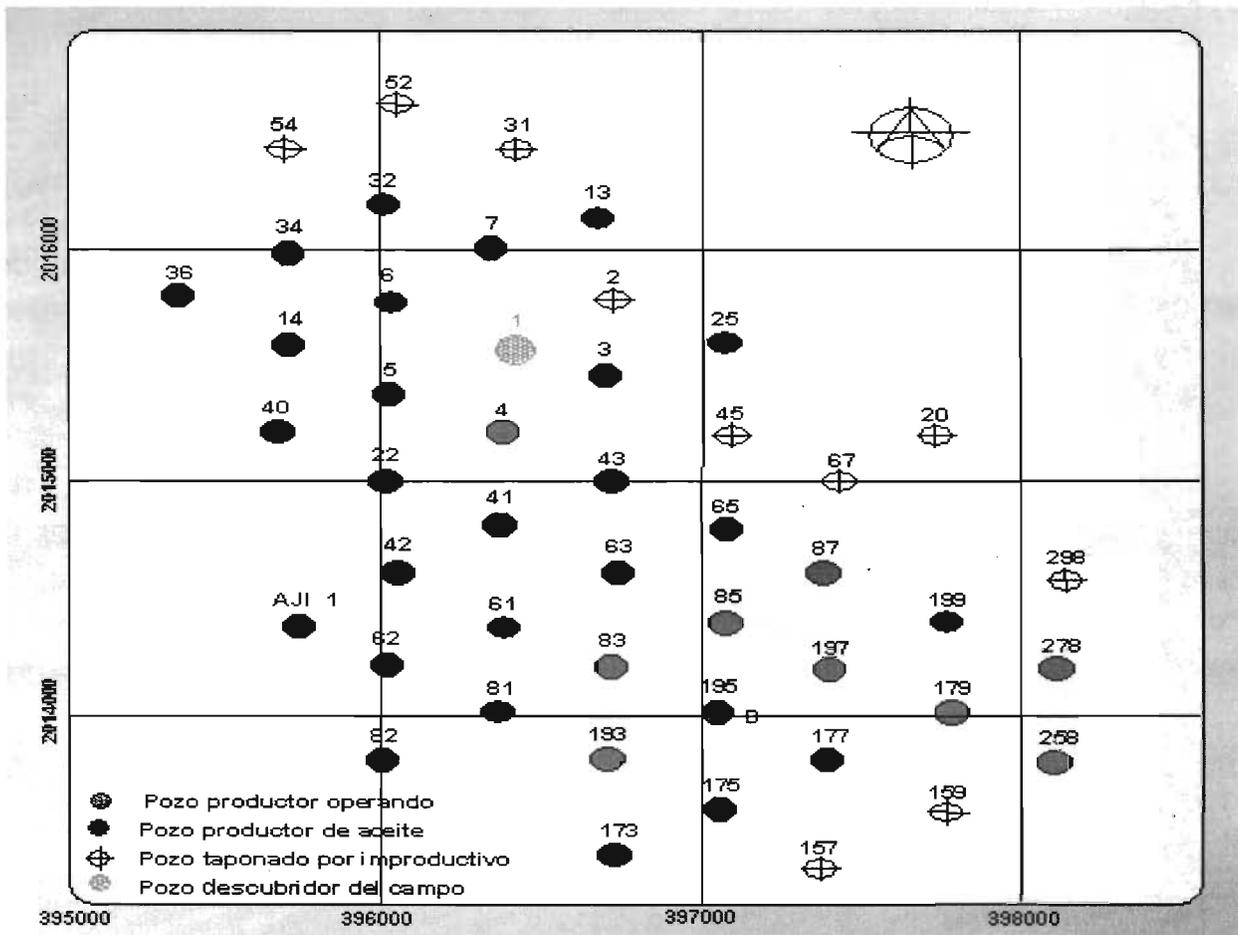


FIGURA N° 3.- LOCALIZACIÓN DE POZOS DEL CAMPO RODADOR.

COMO SE MENCIONÒ ANTERIORMENTE, EL PROBLEMA QUE PRESENTAN VARIOS POZOS ( 83,85,87 Y 197) DEL CAMPO, CON PORCENTAJES PROMEDIO DE FRACCIÓN DE AGUA DE 20 %; ES LA DEPOSITACIÓN DE INCRUSTACIONES DE SAL (NaCl) EN EL INTERIOR DE LOS APAREJOS DE PRODUCCIÓN, CAUSANDO TRASTORNOS EN LA PRODUCCIÓN DE LOS POZOS AL GRADO DE DISMINUIRLA HASTA EN UN 40 % .

DURANTE MÀS DE 8 AÑOS ESTOS POZOS OPERAN CON ESTA PROBLEMÀTICA; PARA REHABILITARLOS ES NECESARIO INTERVENIRLOS CON EQUIPO DE TUBERÌA FLEXIBLE CON UN PROMEDIO MENSUAL PROGRAMADO DE 2 INTERVENCIONES POR POZO, REPERCUTIENDO EN LA PRODUCCIÓN DIFERIDA, ADEMÀS DE LOS TIEMPOS DE ESPERA Y DE MANTENIMIENTO, INCREMENTANDO EL COSTO DEL BARRIL PRODUCIDO Y AFECTANDO SEVERAMENTE EL PRESUPUESTO. POR LO QUE ES IMPORTANTE LLEGAR A UNA SOLUCIÓN SATISFACTORIA DE ESTA PROBLEMÀTICA, EN BENEFICIO DEL ACTIVO.

DEBIDO A ESTA PROBLEMÀTICA Y A LA DECLINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL ACTIVO, ACTUALMENTE SE DECIDIÒ EXPLOTAR EN ESTOS 4 POZOS; NUEVOS INTERVALOS SUPERIORES DE LAS ARENAS 22,25 Y 26 QUE PRESENTAN MEJORES POSIBILIDADES PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DEL CAMPO, REALIZANDOSE REPARACIONES MAYORES AL N° 85 Y 87 (CUYO OBJETIVO FUÈ AISLAR LOS INTERVALOS ABIERTOS, LEVANTAR 400 M.EL APAREJO DE BN Y DISPARAR EL NUEVO INTERVALO)RESULTANDO CON PRODUCCION PROMEDIO DE ACEITE DE 600 BPD; POR LO QUE SE PROGRAMARÀN PARA SU INTERVENCIÓN LOS OTROS 2 POZOS, DEJANDO PENDIENTE LOS INTERVALOS PROBLEMAS, PERO QUE SERÀ NECESARIO EN UN TIEMPO POSTERIOR, SU EXPLOTACIÓN YA QUE CUENTAN CON RESERVAS DE PRODUCCIÓN IMPORTANTES PARA EL ACTIVO; Y LLEGADO EL MOMENTO DE EXPLOTARLOS NUEVAMENTE; ADEMÀS EN CASO DE PRESENTARSE LOS PROBLEMAS DE INCRUSTACIONES DE SAL EN LOS ACTUALES APAREJOS DE PRODUCCIÓN YA SE CONTARÀ CON EL APOYO DE LAS TÈCNICAS DE SOLUCIONES PROPUESTAS SURGIDAS DE ESTE TRABAJO, PARA SU EXPLOTACIÓN ADECUADA.

## **CAPÍTULO I .- INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.**

A).-FUNDAMENTOS.

B).-ORIGEN DE LAS DE INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.

C).-UBICACIÓN DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.

D).- PREVENCIÓN DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES  
MINERALES.

E).-TIPOS DE INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.

F).-MÉTODOS DE REMOCIÓN DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES  
MINERALES

G).-CONTROL DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.

### **A).- FUNDAMENTOS .**

**UNA INCRUSTACIÓN PUEDE DEFINIRSE COMO UN DEPÓSITO MINERAL FORMADO SOBRE LAS SUPERFICIES QUE SE ENCUENTRAN EN CONTACTO CON EL AGUA.**

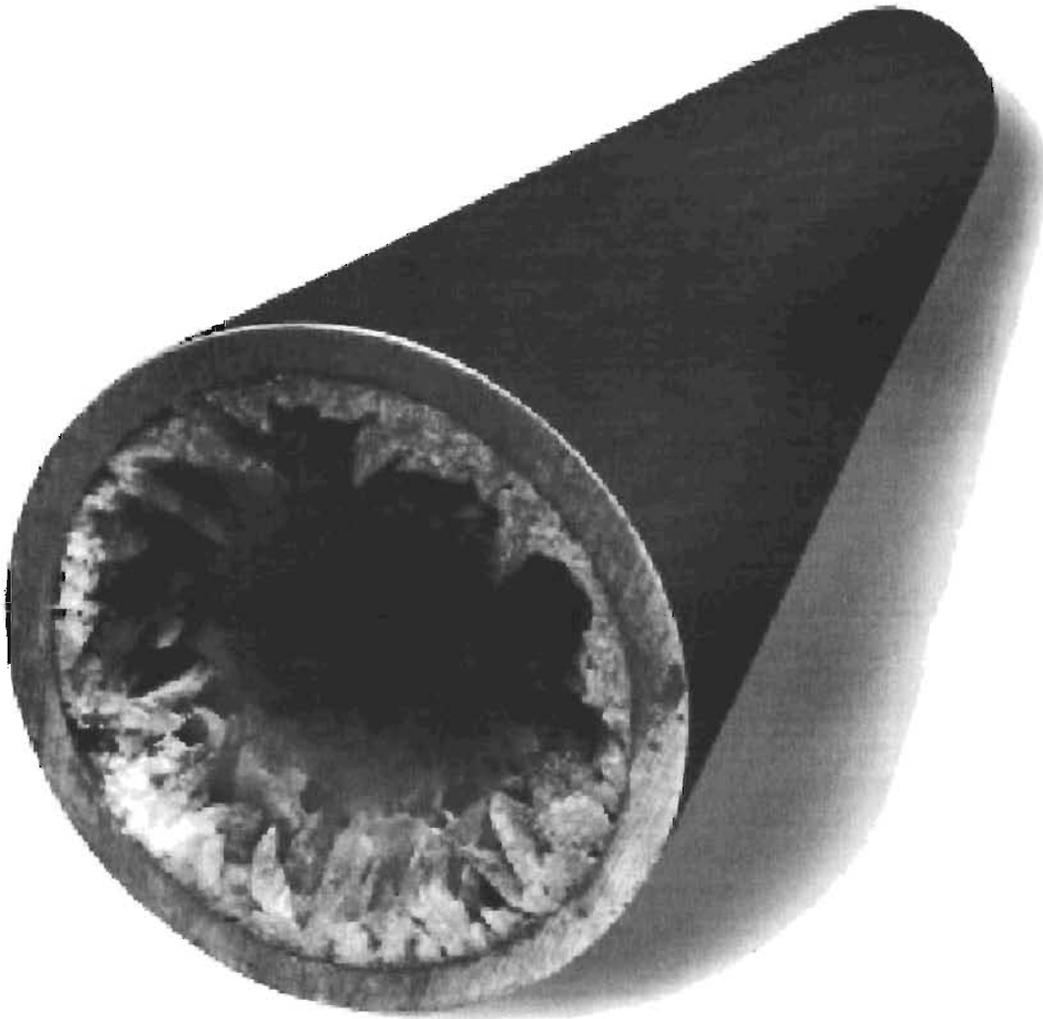
LA ACUMULACIÓN DE INCRUSTACIONES DENTRO DE LAS TUBERÍAS ES CAPAZ DE ESTRANGULAR UN POZO PROVOCANDO PÉRDIDAS MILLONARIAS CADA AÑO. LOS NUEVOS HALLAZGOS CON RESPECTO A LA ACUMULACIÓN DE INCRUSTACIONES NOS PERMITE PRONOSTICAR LA FORMACIÓN DE LAS MISMAS, DE FORMA TAL QUE SE PUEDA PREVENIR EL DESARROLLO DE CONDICIONES ADVERSAS UTILIZANDO NUEVAS TÉCNICAS DE INHIBICIÓN, ASIMISMO DE DISPONE DE NUEVAS HERRAMIENTAS CAPACES DE ELIMINAR LOS DEPÓSITOS EN LAS TUBERÍAS.

LA ACUMULACIÓN DE MINERALES ES UNO DE LOS PROBLEMAS PREOCUPANTES DURANTE LA PRODUCCIÓN DE LOS POZOS, LA CUÁL PUEDE PRESENTARSE EN :

- PAREDES DE LOS POROS Y FRACTURAS DE LA FORMACIÓN.
- LOS ORIFICIOS DE LOS DISPAROS.
- PAREDES DEL POZO.
- APAREJOS DE PRODUCCIÓN Y SUS COMPONENTES.
- CONEXIONES Y VÁLVULAS SUPERFICIALES.

- BOMBAS.
- CAMBIADORES DE CALOR.
- SISTEMAS DE SUMUNISTRO DE AGUA DE INYECCIÓN, ETC.

LAS INCRUSTACIONES AL DESARROLLARSE PUEDEN LLEGAR A BLOQUEAR EL FLUJO NORMAL CUANDO SE OBSTRUYEN LOS DISPAROS O SE FORMA UNA CAPA ESPESA SOBRE LAS PAREDES DE LA TUBERÍA.



LOS EFECTOS DE LAS INCRUSTACIONES PUEDEN RESULTAR INMEDIATO Y SER PROBLEMÁTICOS; SE DEBE CONSIDERAR ADEMÁS QUE LOS COSTOS DE LA SOLUCIÓN SON ELEVADOS : ESTE TIPO DE PROBLEMAS LE CUESTA A LAS CIAS.PETROLERAS CIENTOS DE MILLONES DE DÓLARES POR AÑO EN TÉRMINOS DE PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN.

**LA MAYOR PARTE DE LAS INCRUSTACIONES QUE SE ENCUENTRAN EN LOS CAMPOS PETROLEROS SE FORMAN POR PRECIPITACIONES DE MINERALES PRESENTES EN EL AGUA DE FORMACIÓN, O BIEN COMO RESULTADO DE QUE EL AGUA PRODUCIDA SE SOBRESATURA DE COMPONENTES MINERALES CUANDO DOS AGUAS INCOMPATIBLES SE ENCUENTRAN EN EL POZO.**

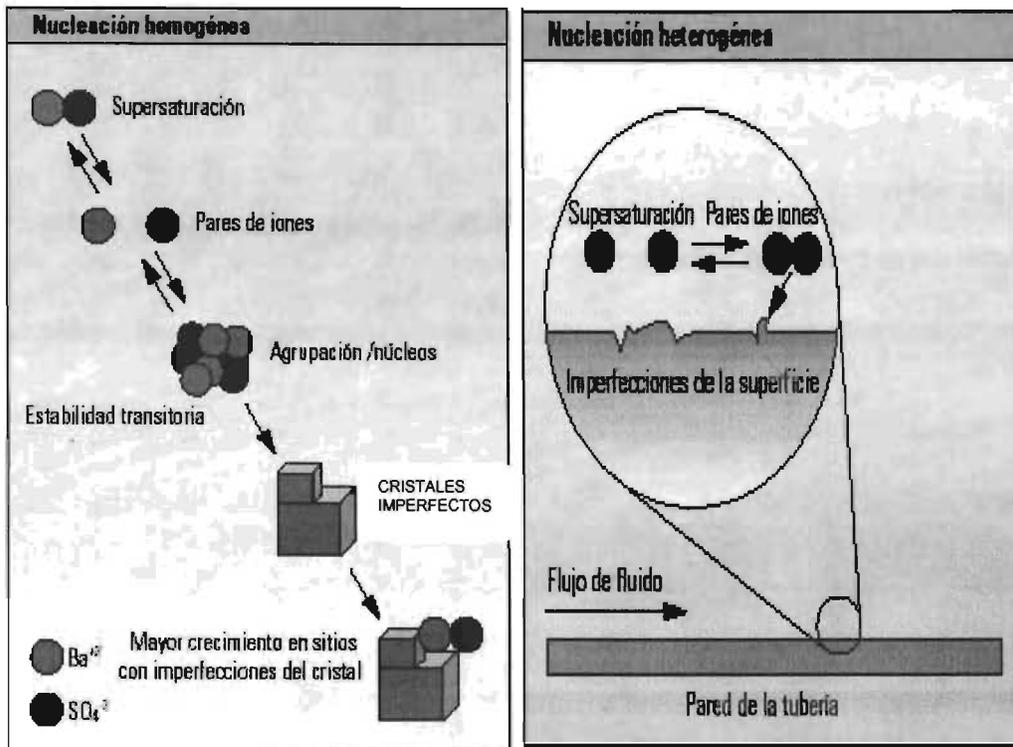
**LOS PRINCIPALES FACTORES QUE PROMUEVEN LA FORMACIÓN DE INCRUSTACIONES SON :**

**A).- REDUCCIÓN DE PRESIÓN.-** LAS CAIDAS DE PRESIÓN, CERCANAS A LA PARED DEL POZO, PERMITEN QUE LOS GASES DISUELTOS ESCAPEN DE LA SOLUCIÓN; ESTOS CAMBIOS DESEQUILIBRAN Y ORIGINAN LA PRECIPITACIÓN DE SALES.

**B).- CAMBIOS DE TEMPERATURA.-** EL AGUA DE FORMACIÓN AL LLEGAR A LA SUPERFICIE SUFRE UNA DISMINUCIÓN EN LA TEMPERATURA, LO CUAL FAVORECE LA ESTABILIDAD DE ALGUNAS SALES, PERO CAUSA LA PRECIPITACIÓN DE OTRAS .

**C).-CONCENTRACIÓN DE IONES NO COMUNES.-** COMO EL CASO DE CLORUROS, TAMBIÉN PUEDEN CAUSAR PRECIPITACIÓN E INCRUSTACIÓN DE ALGUNAS SALES.

**D).-MEZCLA DE AGUAS CON IONES INCOMPATIBLES EN SOLUCIÓN.-**LA MEZCLA DE SALMUERAS LLEGA A SER INCOMPATIBLE SI UN AGUA CONTIENE UNA ELEVADA CONCENTRACIÓN DE IONES INCRUSTANTES, COMO CALCIO O BARIO, MIENTRAS QUE OTRA CONTIENE UNA ALTA CONCENTRACIÓN DE IONES CARBONATO O SULFATO; CUANDO ESTAS AGUAS SE MEZCLAN, LA SOLUCIÓN QUEDA SATURADA CON CARBONATO O SULFATO DE CALCIO O BARIO OCURRIENDO LA PRECIPITACIÓN.



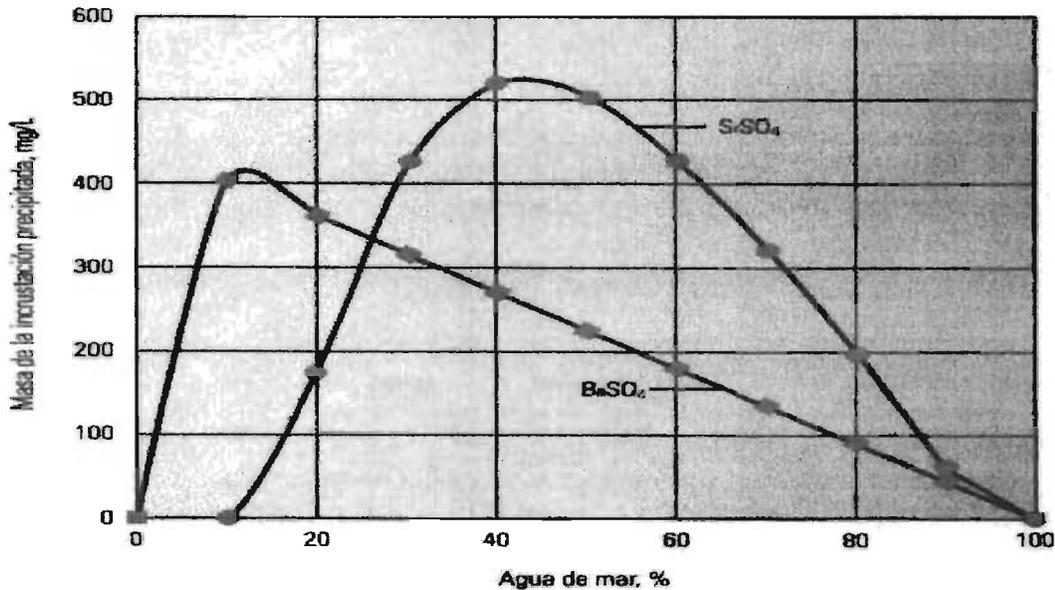
PROCESOS DE NUCLEACIÓN: LA FORMACIÓN DE INCRUSTACIONES COMIENZA EN SOLUCIONES SOBRESATURADAS CON PARES DE IONES QUE FORMEN CRISTALES INDIVIDUALES, PROCESO LLAMADO NUCLEACIÓN HOMOGÉNEA. TAMBIÉN PUEDEN OCURRIR SOBRE DEFECTOS EXISTENTES EN LAS SUPERFICIES, COMO PUNTOS ÁSPEROS EN LA SUPERFICIE DE LA TUBERÍA EN CONTACTO CON EL LÍQUIDO, PROCESO DENOMINADO NUCLEACIÓN HETEROGÉNEA,

LOS ESCENARIOS MÁS COMUNES QUE OCURREN NORMALMENTE EN LA PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS Y QUE DAN LUGAR A LA APARICIÓN DE INCRUSTACIONES SON:

1).-MEZCLAS INCOMPATIBLES .-CON FRECUENCIA SE INYECTA AGUA DE MAR EN LOS YACIMIENTOS DURANTE LAS OPERACIONES DE RECUPERACIÓN SECUNDARIA, LA MEZCLA DE ESTOS FLUIDOS EN LA MATRIZ CERCANA AL POZO GENERALMENTE PRODUCE NUEVOS FLUIDOS CON CONCENTRACIONES COMBINADAS DE IONES QUE SUPERAN LOS LÍMITES DE SOLUBILIDAD DE LOS SULFATOS; LA MEZCLA DE ESTAS AGUAS INCOMPATIBLES PROVENIENTES DE LA INYECCIÓN Y LA FORMACIÓN PROVOCA EL DESARROLLO DE INCRUSTACIONES.

**Composición de la salmuera de dos aguas diferentes**

Especies de iones	Agua de formación, ppm	Agua de mar, ppm
Sodio	31.275	10.890
Potasio	654	460
Magnesio	379	1368
Bario	289	0
Estroncio	771	0
Sulfato	0	2960
Cloruro	60.412	19.766
Calcio	5038	428



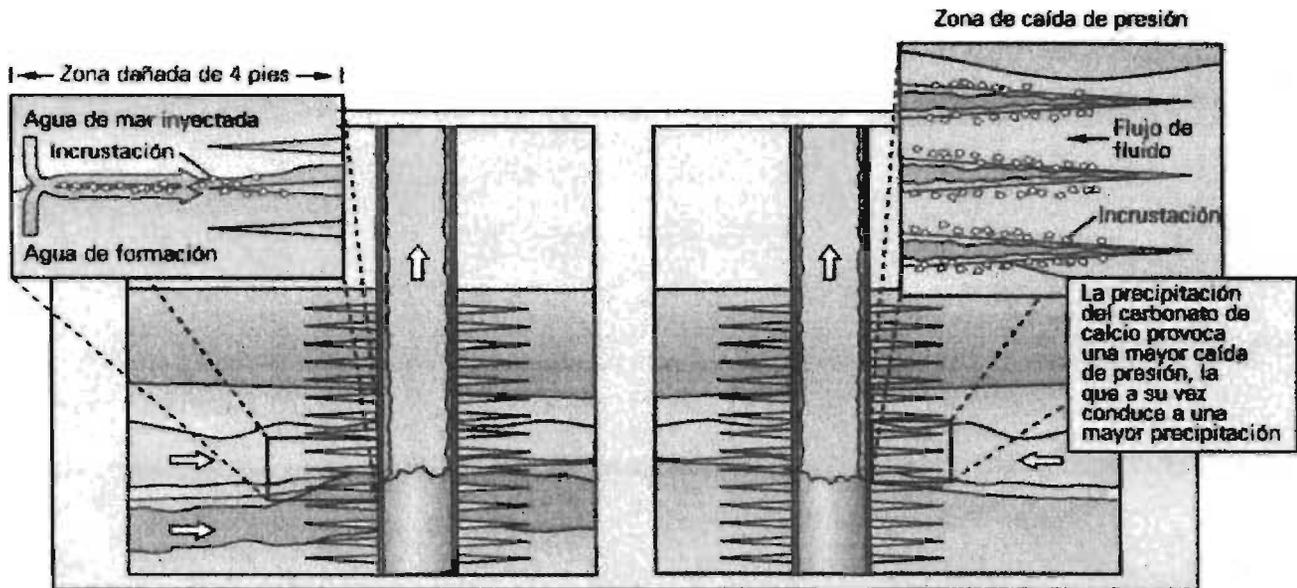
^Incrustaciones de minerales debido a aguas incompatibles. En la tabla se observan las diferencias típicas de concentración de iones que existen entre el agua de formación y el agua de mar. El gráfico inferior muestra la cantidad de sedimentos que precipitan a partir de diferentes mezclas de agua de mar y agua de formación.

2.-AUTOSSEDIMENTACIÓN.-EL FLUIDO DE UN YACIMIENTO EXPERIMENTA CAMBIOS DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DURANTE LA PRODUCCIÓN; SI ESTOS CAMBIOS MODIFICAN LA COMPOSICIÓN DEL FLUIDO DE MODO TAL QUE SE SUPERE EL LÍMITE DE SOLUBILIDAD DE UN MINERAL, ÉSTE SE PRECIPITA EN FORMA DE INCRUSTACIONES MINERALES.

3.-INCRUSTACIONES INDUCIDAS POR LA EVAPORACIÓN.- A MEDIDA QUE DISMINUYE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN LAS TUBERÍAS DE PRODUCCIÓN, EL VOLUMEN DEL GAS CONTENIDO EN EL ACEITE SE EXPANDE Y LA FASE DE SALMUERA QUE TODAVÍA SE ENCUENTRA CALIENTE SE EVAPORA, DANDO COMO RESULTADO UNA CONCENTRACIÓN DE IONES DISUELTOS QUE SUPERA LA SOLUBILIDAD DEL MINERAL EN EL AGUA REMANENTE .ESTA ES UNA CAUSA HABITUAL DE INCRUSTACIONES DE HALITA EN POZOS DE ALTA PRESIÓN Y ALTAS TEMPERATURAS.

4).-INYECCIÓN CON GAS.-CUANDO SE INYECTA UNA FORMACIÓN CON BIÓXIDO DE CARBONO(CO<sub>2</sub>)PARA RECUPERACIÓN SECUNDARIA, SE PUEDE PROVOCAR LA FORMACIÓN DE RESIDUOS MINERALES. EL AGUA QUE CONTIENE CO<sub>2</sub> SE VUELVE ÁCIDA Y DISUELVE LA CALCITA(CaCO<sub>3</sub>) QUE SE ENCUENTRA EN LA FORMACIÓN. LAS SUBSECUENTES CAÍDAS DE PRESIÓN QUE SE PRODUCEN EN LA FORMACIÓN ALREDEDOR DEL POZO EN PRODUCCIÓN, PUEDEN PROVOCAR QUE EL CO<sub>2</sub> SE SEPARA DE LA SOLUCIÓN

Y SE PRECIPITEN RESIDUOS DE CARBONATOS EN LOS DISPAROS Y EN LOS POROS DE LA FORMACIÓN PRÓXIMOS AL POZO; CREANDO UNA PARED IMPERMEABLE REDUCIENDO LA PRODUCCIÓN.



**DAÑOS EN UN POZO EN PRODUCCIÓN.** LA AUTOSEDIMENTACIÓN PUEDE SER CAUSA DE PROBLEMAS EN LOS POZOS PRODUCTIVOS(DERECHA),EN LOS QUE SE FORMAN INCRUSTACIONES CERCA DE LA GARGANTA DE LOS DISPAROS(CUADRO DERECHO).LA CAÍDA DE PRESIÓN SOBRE LA MATRIZ CERCANA AL POZO PUEDE PROVOCAR UNA PRECIPITACIÓN INCONTROLABLE DE  $\text{CaCO}_3$  .LA MEZCLA DE AGUAS INCOMPATIBLES(AGUA DE INYECCIÓN Y AGUA DE FORMACIÓN)PUEDE PROVOCAR LA PRECIPITACIÓN DE SEDIMENTOS MINERALES EN LA MATRIZ DE LA FORMACIÓN(IZQUIERDA).

ANTES QUE SE TUVIERÁN LOS ÚLTIMOS AVANCES EN LA TECNOLOGÍA DE ELIMINACIÓN DE LAS INCRUSTACIONES MINERALES Y SI SE PRESENTABA ESTE TIPO DE PROBLEMA, MUCHAS VECES SE HACÍA NECESARIO SUSPENDER LA PRODUCCIÓN PARA EXTRAER LA TUBERÍA DEL POZO Y REHABILITARLA O BIEN REEMPLAZARLA POR OTRA.

HACE POCO TIEMPO, LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO ERAN LIMITADOS Y POCO EFECTIVOS. CUANDO SE FORMAN LAS INCRUSTACIONES, SE NECESITA UTILIZAR UNA TÉCNICA DE ELIMINACIÓN RÁPIDA Y EFECTIVA.LOS SISTEMAS DE REMOCIÓN COMPREDEN MÉTODOS QUÍMICOS Y MECÁNICOS, CUYA ELECCIÓN DEPENDE DE LA UBICACIÓN DE LAS INCRUSTACIONES Y DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS.

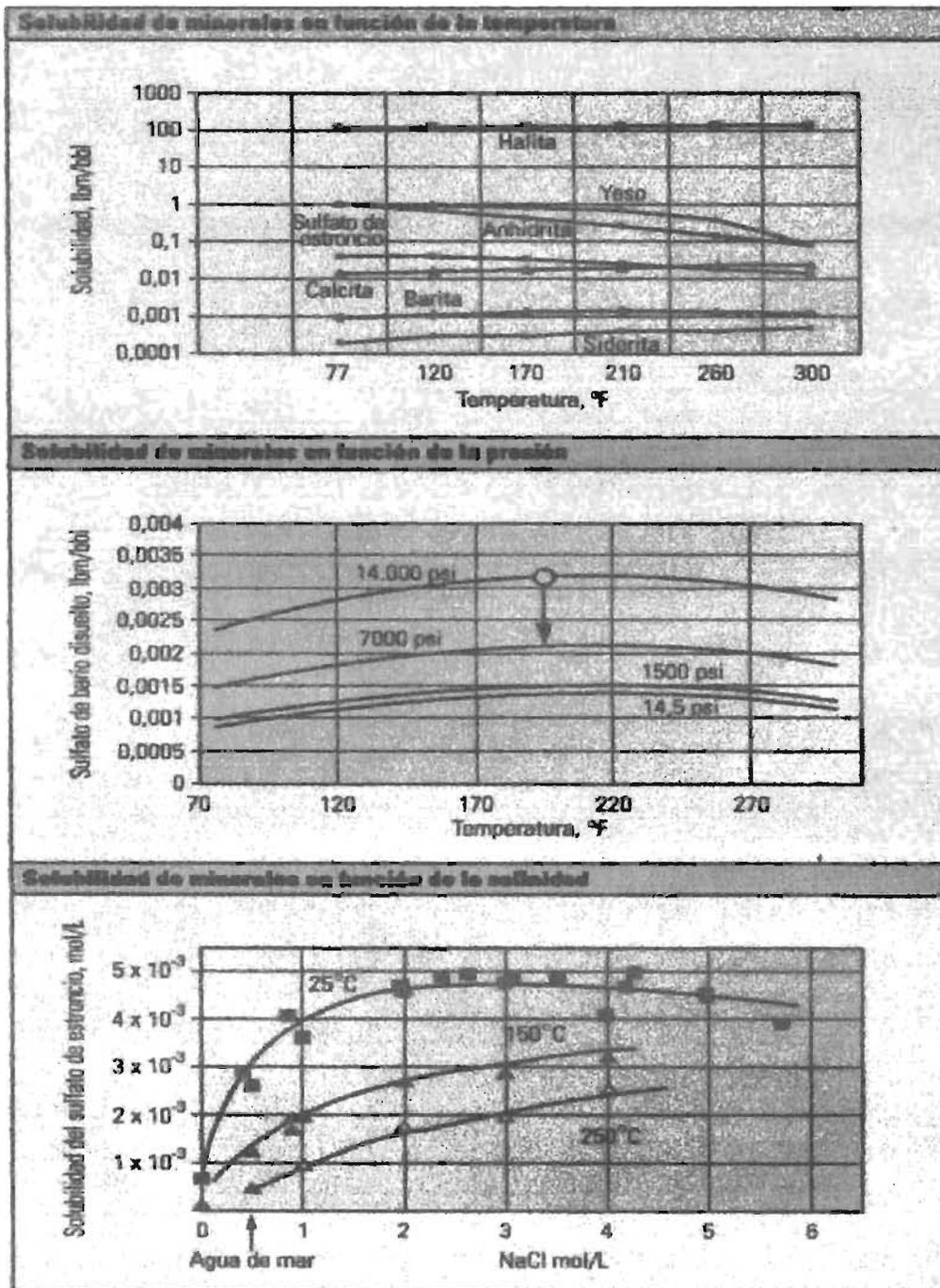
SI SE CONOCEN LAS CONDICIONES QUE PROVOCAN ESTE PROBLEMA, CUANDO Y DÓNDE PUEDE OCURRIR, RESULTA MAS SENCILLO COMPRENDER CÓMO ELIMINAR LAS INCRUSTACIONES Y DISEÑAR LOS TRATAMIENTOS NECESARIOS PARA RESTABLECER LA PRODUCTIVIDAD DEL POZO A LARGO PLAZO.

## **B).- ORIGEN DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.**

**EN LAS INCRUSTACIONES MINERALES QUE SE PRODUCEN EN LOS CAMPOS PETROLEROS, EL AGUA JUEGA UN PAPEL FUNDAMENTAL, DADO QUE EL PROBLEMA SE PRESENTA SÓLO CUANDO EXISTE PRODUCCIÓN DE AGUA ,ÉSTA ES UN BUEN SOLVENTE PARA MUCHOS MATERIALES Y PUEDE TRANSPORTAR GRANDES CANTIDADES DE MINERALES. TODAS LAS AGUAS NATURALES DISUELVEN DISTINTOS COMPONENTES CUANDO CONTACTAN FASES MINERALES EN SU ESTADO NATURAL, DANDO LUGAR A FLUÍDOS COMPLEJOS, RICOS EN IONES, ALGUNOS DE LOS CUALES SE ENCUENTRAN EN SU LÍMITE DE SATURACIÓN PARA CIERTAS FASES MINERALES.**

**EL AGUA SUBTERRÁNEA DE AMBIENTES PROFUNDOS SE ENRIQUECE CON IONES MEDIANTE LA ALTERACIÓN DE LOS MINERALES SEDIMENTARIOS. EL AGUA QUE SE ENCUENTRA EN LOS YACIMIENTOS DE CARBONATOS Y ARENISCAS CEMENTADAS CON CALCITA , POR LO GENERAL CONTIENE UNA GRAN CANTIDAD DE CATIONES BIVALENTES DE CALCIO( $\text{Ca}^{+2}$  ) Y MAGNESIO ( $\text{Mg}^{+2}$ ).CON FRECUENCIA, LOS FLUIDOS QUE SE ENCUENTRAN EN UNA FORMACIÓN DE ARENISCAS CONTIENEN CATIONES DE BARIO( $\text{Ba}^{+2}$ )Y ESTRONCIO( $\text{Sr}^{+2}$ ).**

**LA FORMACIÓN DE LAS INCRUSTACIONES COMIENZA CUANDO SE PERTURBA EL ESTADO DE CUALQUIER FLUIDO NATURAL DE FORMA TAL QUE SE EXCEDE EL LÍMITE DE SOLUBILIDAD DE UNO O MÁS DE SUS COMPONENTES.LAS SOLUBILIDADES DE LOS MINERALES EN SÍ MISMAS TIENEN UNA COMPLICADA DEPENDENCIA RESPECTO DE LA TEMPERATURA Y LA PRESION. POR LO GENERAL, UN INCREMENTO DE LA TEMPERATURA PROVOCA EL AUMENTO DE LA SOLUBILIDAD DE UN MINERAL EN EL AGUA: MÁS IONES SE DISUELVEN A TEMPERATURAS MÁS ELEVADAS. EN FORMA SIMILAR, AL DESCENDER LA PRESIÓN, LA SOLUBILIDAD TIENDE A DISMINUIR Y, COMO REGLA GENERAL, LA SOLUBILIDAD DE LA MAYORÍA DE LOS MINERALES DISMINUYE.**



LA SOLUBILIDAD DE LOS MINERALES TIENE UNA COMPLEJA DEPENDENCIA CON RESPECTO A MUCHAS VARIABLES, QUE INCLUYEN LA TEMPERATURA (ARRIBA), LA PRESIÓN (CENTRO) Y LA CONCENTRACIÓN (ABAJO).

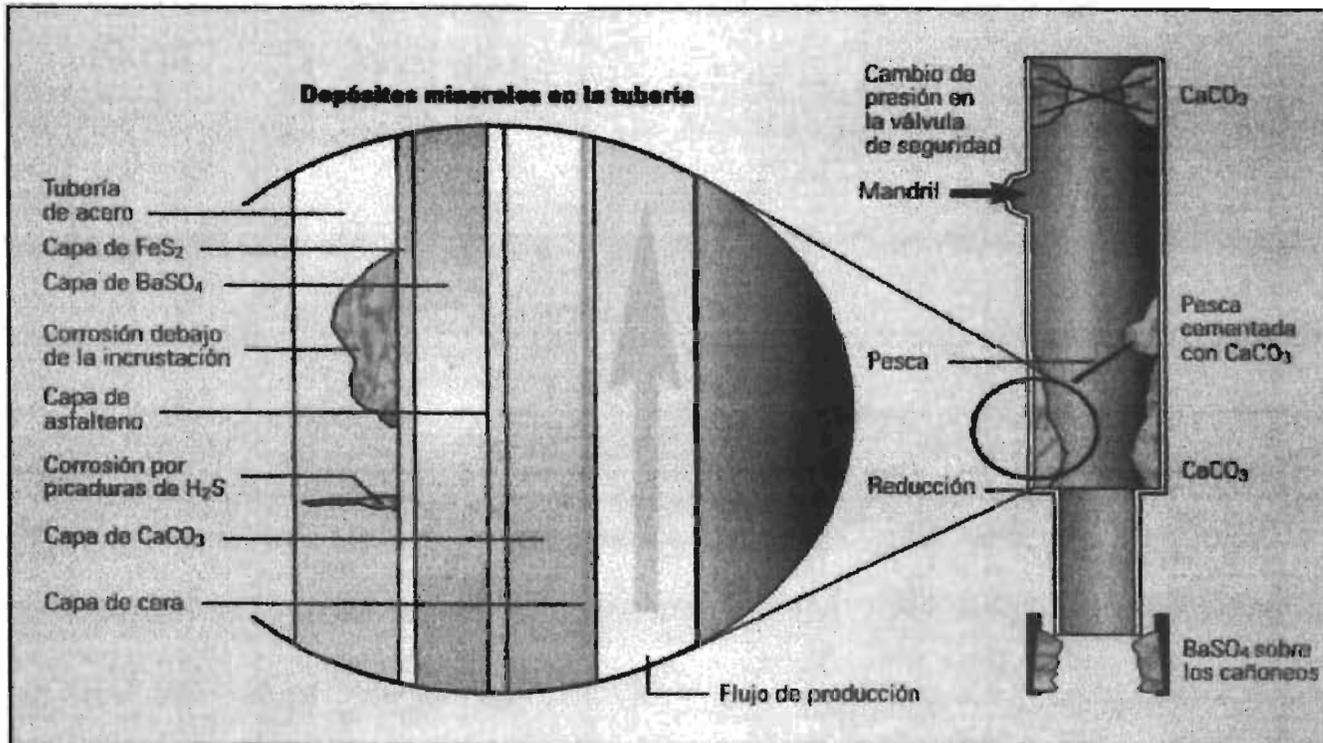
NO TODOS LOS MINERALES SE AJUSTAN A LA TENDENCIA TÍPICA DE LA TEMPERATURA; POR EJEMPLO, EL CARBONATO DE CALCIO PRESENTA LA TENDENCIA INVERSA, ES DECIR QUE LA SOLUBILIDAD EN EL AGUA AUMENTA CUANDO LAS TEMPERATURAS DISMINUYEN. LA SOLUBILIDAD DEL SULFATO DE BARIO SE DUPLICA CUANDO LA TEMPERATURA OSCILA ENTRE 25 Y 100 °C, PERO LUEGO DISMINUYE EN LA MISMA PROPORCIÓN A MEDIDA QUE LA TEMPERATURA SE ACERCA A LOS 200 °C.

### **C).- UBICACIÓN DE LAS INCRUSTACIONES MINERALES.**

EL PRIMER PASO EN EL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE REMEDIACIÓN REALMENTE EFECTIVO DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO, CONSISTE EN IDENTIFICAR LA UBICACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE MINERALES Y LA COMPOSICIÓN DE LOS MISMOS; ESTOS PUEDEN PRESENTARSE EN:

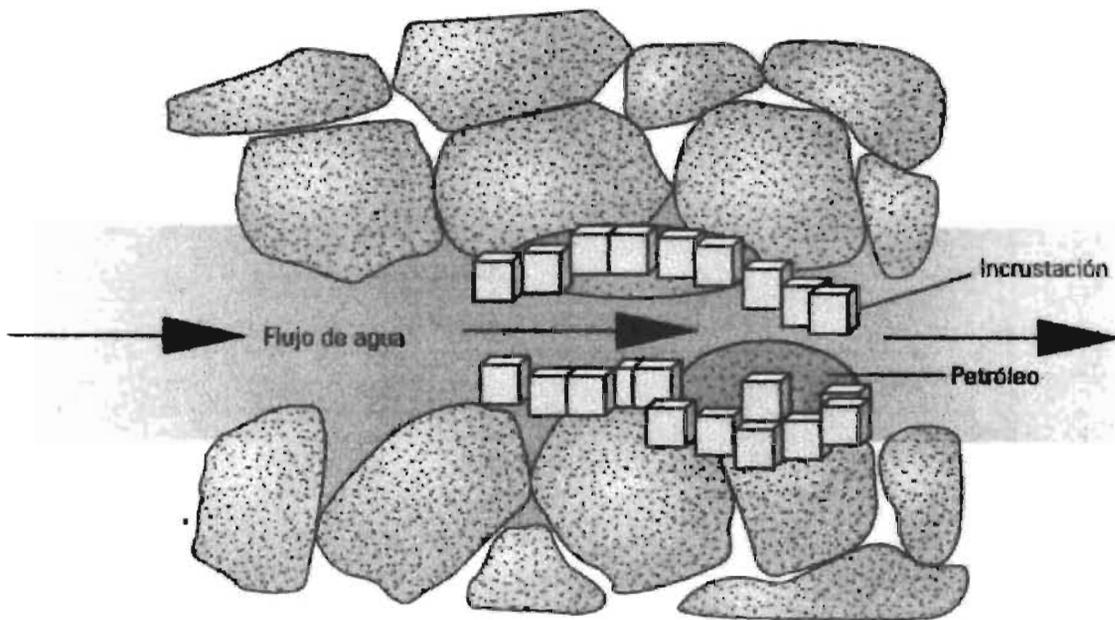
- TUBERÍA DE PRODUCCIÓN Y EQUIPO SUPERFICIAL.
- MATRIZ CERCANA AL POZO.
- POZOS INYECTORES.

LAS INCRUSTACIONES EN LAS TUBERÍAS PUEDEN PRESENTARSE COMO UNA CAPA ADHERIDA A LAS PAREDES INTERIORES DE VARIOS CENTÍMETROS DE ESPESOR Y PRESENTA CRISTALES DE 1 O MÁS CENTÍMETROS, TENIENDO COMO CONSECUENCIA LA REDUCCIÓN DEL GASTO DE PRODUCCIÓN AL AUMENTAR LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL TUBO Y REDUCIR EL ÁREA DE FLUJO, ORIGINANDO UN AUMENTO EN LA CAÍDA DE PRESIÓN Y, EN CONSECUENCIA, LA DISMINUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN. SI CONTINÚA EL CRECIMIENTO DE MINERALES DEPOSITADOS, PUEDE BLOQUEARSE EL FLUJO POR COMPLETO.



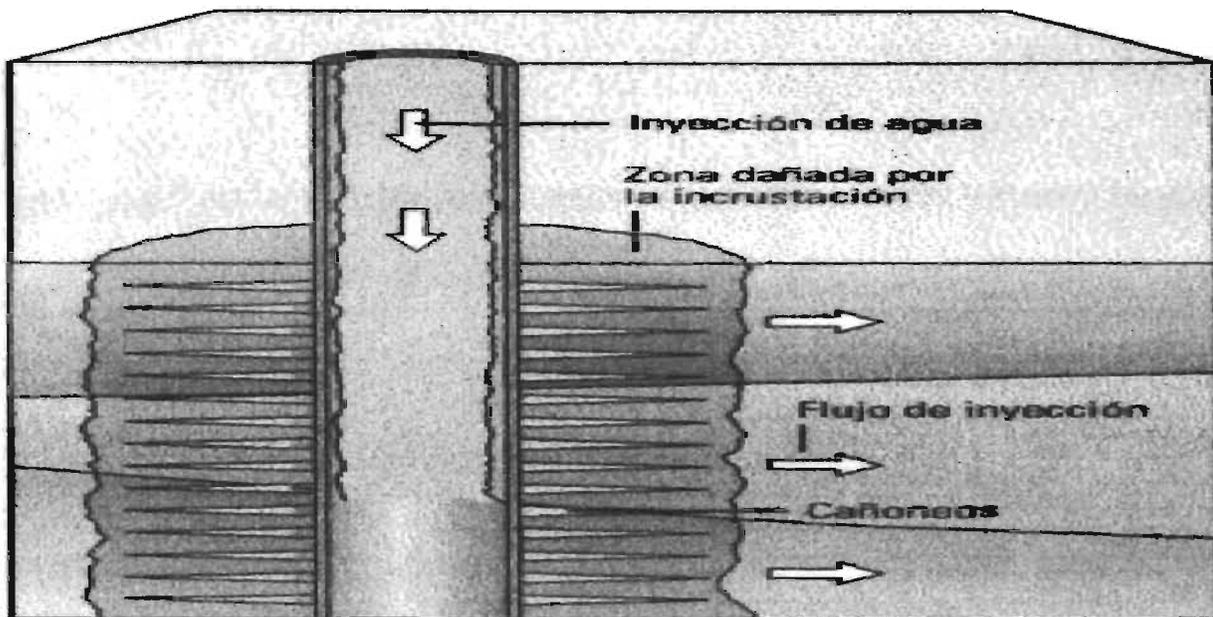
**INCRUSTACIONES EN LAS TUBERÍAS DE PRODUCCIÓN.** LA UBICACIÓN DE LOS DEPÓSITOS MINERALES EN LAS TUBERÍAS PUEDE VARIAR DESDE LOS DISPAROS HASTA LA SUPERFICIE, OCASIONANDO RESTRICCIONES EN EL FLUJO DENTRO DE LA TUBERÍA DE PRODUCCIÓN, NIPLES, PESCAS, VÁLVULAS Y MANDRILES DE B.N. A MENUDO SE PRESENTAN EN DIVERSAS CAPAS Y EN ALGUNOS CASOS CUBIERTOS POR UNA CAPA CEROSA O DE ASFALTO (ILUSTRACIÓN). POR DEBAJO DE LAS INCRUSTACIONES, PUEDEN APARECER SIGNOS DE CORROSIÓN Y PICADURAS SOBRE EL ACERO, DEBIDO A LA PRESENCIA DE BACTERIAS Y GAS SULFUROSO, CON LO CUAL SE REDUCE LA INTEGRIDAD DEL ACERO.

CUANDO LAS INCRUSTACIONES ESTÁN CERCANAS A LA MATRIZ DEL POZO, ÉSTAS PRESENTAN PARTÍCULAS DE MENOR TAMAÑO RESPECTO A LAS OBSERVADAS EN LAS TUBERÍAS; BLOQUEANDO LOS CEDAZOS ADEMÁS LOS POROS DE LA MATRIZ. POR LO GENERAL, SE FORMAN DESPUÉS DE LARGOS PERÍODOS DE CIERRE DEL POZO, YA QUE EL FLUJO TRANSVERSAL HACE QUE SE MEZCLEN AGUAS INCOMPATIBLES PROVENIENTES DE DISTINTAS CAPAS. ESTE TIPO DE INCRUSTACIONES SE PUEDE DEFINIR COMO UN TIPO DE **DAÑO A LA FORMACIÓN.**



**DAÑOS EN LA MATRIZ.** LOS DEPÓSITOS MINERALES RESTRINGEN EL FLUJO DE LOS FLUIDOS A TRAVÉS DE LA FORMACIÓN PROVOCANDO UNA PÉRDIDA DE PERMEABILIDAD.

EN LOS POZOS INYECTORES, LAS INCRUSTACIONES SE ORIGINAN EN PROCESOS ACTIVADOS POR LA TEMPERATURA DEL AGUA DE INYECCIÓN, ADEMÁS EN LAS INMEDIACIONES DEL POZO PUEDE PRODUCIRSE UNA MEZCLA INCOMPATIBLE CUANDO EL AGUA DE INYECCIÓN SE PONE EN CONTACTO CON EL AGUA DE LA FORMACIÓN. LAS INCRUSTACIONES QUE SE FORMAN DISMINUYEN LA PERMEABILIDAD DE LA FORMACIÓN Y REDUCE LA EFECTIVIDAD DE LA INYECCIÓN DE AGUA.



**DAÑOS EN UN POZO INYECTOR.** LA AUTOSEDIMENTACIÓN DEL AGUA DE INYECCIÓN PUEDE OCASIONAR EL DESARROLLO DE INCRUSTACIONES Y GENERAR RESTRICCIONES EN LA TUBERÍA DE INYECCIÓN, EL AUMENTO DE LA PRESIÓN Y LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA PUEDEN PROVOCAR LA PRECIPITACIÓN DE CARBONATO DE CALCIO, LO CUÁL PUEDE ORIGINAR DEPOSITACIÓN Y DAÑO EN LAS VECINDADES DEL POZO, PARTICULARMENTE EN POZOS CON ALTA PRESIÓN Y ALTA TEMPERATURA. LA MEZCLA DE AGUAS INCOMPATIBLES (AGUA DE INYECCIÓN Y AGUA DE LA FORMACIÓN) PUEDEN PROVOCAR DAÑO AL INICIO DEL PROGRAMA DE INYECCIÓN DE AGUA.

#### **D).- PREVENCIÓN DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.**

LA DETECCIÓN PUEDE REALIZARSE A TRAVÉS DE:

- 1.-ANÁLISIS NODAL.
- 2.-CONOCIMIENTO DEL INICIO DE PRESENCIA DE AGUA DE FORMACIÓN.
- 3.-SISTEMAS AVANZADOS.

- 1.-CUANDO SE EVALÚA LA PRODUCCIÓN DE UN POZO POR MEDIO DEL ANÁLISIS NODAL, ÉSTE PUEDE INDICAR LA PRESENCIA DE INCRUSTACIONES EN LAS TUBERÍAS SI, POR EJEMPLO, UN POZO PRESENTA RESTRICCIONES EN LAS TUBERÍAS QUE NO SE PERCIBÍAN DURANTE LAS PRIMERAS ETAPAS DE LA PRODUCCIÓN.
- 2.-OTRAS DE LAS DETECCIONES ES CON EL INICIO DE PRODUCCIÓN DE AGUA ES UN SIGNO DE PROBLEMAS POTENCIALES DE INCRUSTACIONES, EN ESPECIAL SI COINCIDE CON UNA REDUCCIÓN SIMULTÁNEA DE LA PRODUCCIÓN. LA POSIBILIDAD DE ADVERTIR ESTA SITUACIÓN DESDE SUS INICIOS

RESULTA DE GRAN VALOR ,DADO QUE LOS POZOS PUEDEN OBSTRUIRSE EN UN PERIÓDO DE 24 HORAS O INCLUSO MENOS.

3.-SE TIENEN OTROS SISTEMAS DE DETECCIONES AVANZADOS COMO:

- SENSOR ELECTROQUÍMICO DE FONDO DE LA CIA.BP AMOCO, SENSIBLE AL Ph Y A LAS CONCENTRACIONES DE IONES DE CLORUROS, ADEMÁS EFECTÚA MEDICIONES DE TEMPERATURA, PRESIÓN Y FLUJO MULTIFÁSICO PARA DETECTAR POTENCIALES FORMACIONES DE CARBONATOS Y AYUDAR A REGULAR LAS DOSIS QUÍMICAS PARA EL CONTROL DE LAS INCRUSTACIONES.
- SIMULACIÓN QUÍMICA: SE CUENTA CON MODELOS QUÍMICOS QUE PERMITEN PRONOSTICAR LA NATURALEZA Y LA EXTENSIÓN DE LAS INCRUSTACIONES A PARTIR DE LAS PROPIEDADES Y CONDICIONES DETALLADAS DE LOS FLUIDOS. ESTOS MODELOS PUEDEN PRONOSTICAR EL EQUILIBRIO DE LAS FASES UTILIZANDO PRINCIPIOS DE TERMODINÁMICA Y BASES DE DATOS GEOQUÍMICOS, COMO EL ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS, TEMPERATURA, PRESIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA FASE DE GAS, QUE PREDICEN EL EFECTO DE PERTURBACIONES COMO MEZCLAS INCOMPATIBLES O CAMBIOS EN LA PRESIÓN Y TEMPERATURA. ESTOS SIMULADORES PERMITEN PRONOSTICAR PROBLEMAS DE INCRUSTACIONES QUE PUEDEN PRODUCIRSE EN EL FUTURO, CONSIDERANDO DISTINTOS ESCENARIOS DE COMPORTAMIENTO DE YACIMIENTOS E INVASIÓN DE AGUA.

### **E).- TIPOS DE INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.**

LAS PRINCIPALES INCRUSTACIONES EN CAMPOS PETROLEROS SON :

- A).-CARBONATO DE CALCIO O CALCITA ( $\text{CaCO}_3$ ).
- B).-SULFATO DE CALCIO,CONOCIDO COMO YESO:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- C).-SULFATO DE BARIO.  $\text{BaSO}_4$
- D).-CLORURO DE SODIO  $\text{NaCl}$  .

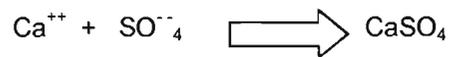
ASOCIADOS CON LAS INCRUSTACIONES SE ENCUENTRAN LOS PRODUCTOS DE CORROSIÓN (ÓXIDO DE FIERRO Y SULFURO FERROSO),ESTOS COMPONENTES NO PROVIENEN DE CAMBIOS EN EL EQUILIBRIO DEL SISTEMA,SINO DEL MEDIO AMBIENTE CORROSIVO.

A).-EL  $\text{CaCO}_3$  ES UNA DE LAS INCRUSTACIONES MÁS FRECUENTES, LOS CRISTALES QUE LA FORMAN SON LARGOS PERO CUANDO CONTIENEN IMPUREZAS ESTÁN FINAMENTE DIVIDIDAS Y LA INCRUSTACIÓN PARECE UNIFORME. ESTE FENÓMENO SE PRESENTA EN ALGUNOS POZOS EN PRODUCCIÓN, CUANDO DISMINUYE LA PRESIÓN DEL SISTEMA POR EL FLUJO DE FLUIDOS A LA SUPERFICIE, ESTO ROMPE EL EQUILIBRIO QUÍMICO PROVOCANDO LA PRECIPITACIÓN E INCRUSTACIÓN DEL CARBONATO DE CALCIO. SE DESARROLLA EN FORMACIONES CALCÁREAS; LA TEMPERATURA ES OTRO FACTOR QUE AFECTA LA

SOLUBILIDAD DE ESTA INCRUSTACIÓN; A MEDIDA QUE AUMENTA, DISMINUYE LA SOLUBILIDAD Y LA PRECIPITACIÓN RESULTA DE :



B).- SULFATO DE CALCIO(  $\text{CaSO}_4$ ).- SUS CRISTALES SON MÁS PEQUEÑOS QUE LOS DEL CARBONATO DE CALCIO Y CONSECUENTEMENTE ESTA INCRUSTACIÓN ES MÁS DURA. EN LOS CAMPOS PETROLEROS, LA MAYORÍA DE LOS DEPÓSITOS DE SULFATO DE CALCIO INCRUSTADOS, ESTÁN CONSTITUIDOS POR YESO. EN POZOS PROFUNDOS, LAS TEMPERATURAS EXCEDEN DE  $100^\circ\text{C}$  Y LA ANHIDRITA PUEDE SER LA FORMA ESTABLE; LA PRECIPITACIÓN SE EXPRESA :



LAS VARIACIONES EN LA TEMPERATURA NO AFECTAN TANTO LA SOLUBILIDAD DEL  $\text{CaSO}_4$  COMO LO ES CON EL  $\text{CaCO}_3$  .LAS MEZCLAS DE AGUAS DE FORMACIÓN Y DE INYECCIÓN, O DE DIFERENTES CAPAS O ARENAS PUEDE PROVOCAR LA PRECIPITACIÓN DEL  $\text{CaSO}_4$  .

C).-UNA DE LAS INCRUSTACIONES MÁS DIFÍCIL DE ELIMINAR ES LA DE SULFATO DE BARIO( $\text{BaSO}_4$ ); SE DESARROLLA EN FORMACIONES DE ARENISCAS Y SE FORMA POR LA REACCIÓN DE :



EL EFECTO DE LA TEMPERATURA ES OPUESTO, YA QUE UN INCREMENTO, DISMINUYE LA SOLUBILIDAD DEL CARBONATO Y EN ALGUNAS REGIONES, LA DEL SULFATO DE CALCIO. LAS INCRUSTACIONES DE  $\text{BaSO}_4$  SE FORMAN COMO CONSECUENCIA DE LA MEZCLA DE 2 AGUAS INCOMPATIBLES, UNA CONTENIENDO IONES DE BARIO Y OTRA IONES SULFATO, EN CONCENTRACIONES QUE REBASAN EL PRODUCTO DE SOLUBILIDAD DEL  $\text{BaSO}_4$  .

D).-LOS SEDIMENTOS DE CLORURO DE SODIO(HALITA)SE FORMAN A PARTIR DE SALMUERAS DE ALTA SALINIDAD QUE SUFREN DESCENSOS DE TEMPERATURA PRONUNCIADOS. LOS SEDIMENTOS DE HALITA PUEDEN PRECIPITAR A UNA TASA DE 10 KG. POR CADA BARRIL DE AGUA PRODUCIDA, LO CUAL SIGNIFICA MUCHOS KILOGRAMOS DE RESIDUOS POR DÍA EN UN SOLO POZO QUE PRODUCE AGUA A RAZÓN DE 100 BPD.

AL COMBINARSE SODIO CON CLORO PARA FORMAR EL  $\text{NaCl}$ , CADA ÁTOMO DE SODIO CEDE UN ELECTRÓN A UN ÁTOMO DE CLORO, DANDO COMO RESULTADO UN ION SODIO CON CARGA POSITIVA Y UN ION CLORO CON CARGA NEGATIVA. EN UN CRISTAL DE  $\text{NaCl}$  LA FUERTE ATRACCIÓN ELECTROSTÁTICA ENTRE IONES DE CARGA OPUESTA MANTIENE FIRMEMENTE LOS IONES EN SU SITIO ESTABLECIÉNDOSE UN ENLACE IÓNICO. CUANDO EL  $\text{NaCl}$  SE FUNDE, LOS IONES TIENDEN A DISOCIARSE A CAUSA DE SU MOVIMIENTO TÉRMICO Y PUEDEN MOVERSE LIBREMENTE. CUANDO SE DISUELVE  $\text{NaCl}$  EN AGUA, LOS

IONES TIENEN AÚN MÁS FACILIDAD PARA DISOCIARSE POR LA ATRACCIÓN ENTRE LOS IONES Y EL DISOLVENTE.

## **F).- MÉTODOS DE REMOCIÓN DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.**

LOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA ELIMINAR LAS INCRUSTACIONES DEBEN CUMPLIR CIERTAS CONDICIONES :

- SER RÁPIDOS.
- NO DAÑAR AL POZO NI AL AMBIENTE DE LA FORMACIÓN.
- SER EFECTIVOS EN LA PREVENCIÓN DE PRECIPITACIONES.

PARA DECIDIR CUÁL ES LA MEJOR TÉCNICA, ES NECESARIO CONOCER EL TIPO Y LA CANTIDAD DE INCRUSTACIONES Y SU COMPOSICIÓN FÍSICA O SU TEXTURA, YA QUE SI SE ELIGE UN MÉTODO INADECUADO SE PUEDE LLEGAR, EN REALIDAD, A INCENTIVAR EL DEPÓSITO DE INCRUSTACIONES. EL GRADO DE RESISTENCIA Y LA TEXTURA DE LAS INCRUSTACIONES PRESENTES EN LAS TUBERÍAS REVISTEN GRAN IMPORTANCIA EN LA ELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE REMOCIÓN. LA RESISTENCIA Y LAS TEXTURAS PUEDEN VARIAR DESDE HILOS DELICADOS Y QUEBRADIZOS O CRISTALES DE ALTA MICROPOROSIDAD HASTA CAPAS DE ASPECTO ROCOSO DE BAJA PERMEABILIDAD Y POROSIDAD. LA PUREZA DE LAS INCRUSTACIONES AFECTA SU RESISTENCIA A LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA. PUEDE OCURRIR QUE SE TRATE DE FASES DE UN SOLO MINERAL, SI BIEN, POR LO GENERAL, SON UNA MEZCLA DE COMPUESTOS SIMILARES Y COMPATIBLES.

LOS SISTEMAS DE REMOCIÓN COMPRENEN : MÉTODOS QUÍMICOS Y MECÁNICOS CUYA ELECCIÓN DEPENDE DE LA UBICACIÓN DE LAS INCRUSTACIONES Y DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS.

MÉTODOS QUÍMICOS.-LA REMOCIÓN DE INCRUSTACIONES CON PRODUCTOS QUÍMICOS ES, POR LO GENERAL, EL PRIMER SISTEMA QUE SE UTILIZA Y EL MÁS ECONÓMICO, EN ESPECIAL CUANDO LAS INCRUSTACIONES NO SON DE FÁCIL ACCESO O SE ENCUENTRAN EN LUGARES DONDE LOS MÉTODOS MECÁNICOS DE LIMPIEZA CONVENCIONALES RESULTAN POCO EFECTIVOS O ES MUY COSTOSO TRANSPORTARLOS. POR EJEMPLO, LOS CARBONATOS SON MUY SOLUBLES EN ÁCIDO CLORHÍDRICO Y, POR LO TANTO, SE PUEDEN DISOLVER CON FACILIDAD; MIENTRAS QUE EN OTROS CASOS ESTE SISTEMA NO FUNCIONA, YA QUE A VECES SE FORMA UNA PELÍCULA CEROSA DE HIDROCARBUROS QUE PROTEGE A LAS INCRUSTACIONES DE LA ACCIÓN DE LOS DISOLVENTES QUÍMICOS.

SI BIEN EL ÁCIDO CLORHÍDRICO ES, POR LO GENERAL, LA PRIMERA OPCIÓN COMO TRATAMIENTO DE LAS INCRUSTACIONES DE CARBONATO DE CALCIO, LA REACCIÓN RÁPIDA DEL ÁCIDO PUEDE ESCONDER UN PROBLEMA: LAS SOLUCIONES DE ÁCIDO GASTADO Y SUBPRODUCTOS DE LAS INCRUSTACIONES CONSTITUYEN EXCELENTES AGENTES INICIADORES PARA LA FORMACIÓN DE NUEVOS DEPÓSITOS MINERALES.

LOS DEPÓSITOS MINERALES QUE SE PRESENTAN EN LAS TUBERÍAS DE PRODUCCIÓN PRESENTAN UNA SUPERFICIE TAN PEQUEÑA EN RELACIÓN CON EL TOTAL DE LA MASA DEPOSITADA (RELACIÓN ÁREA REACTIVA/VOLUMEN DE ÁCIDO) QUE, POR LO GENERAL, LA REACTIVIDAD DE LOS SISTEMAS QUÍMICOS RESULTA MUY LENTA, POR LO QUE SE CONVIERTE EN UN SISTEMA DE REMOCIÓN POCO PRÁCTICA.

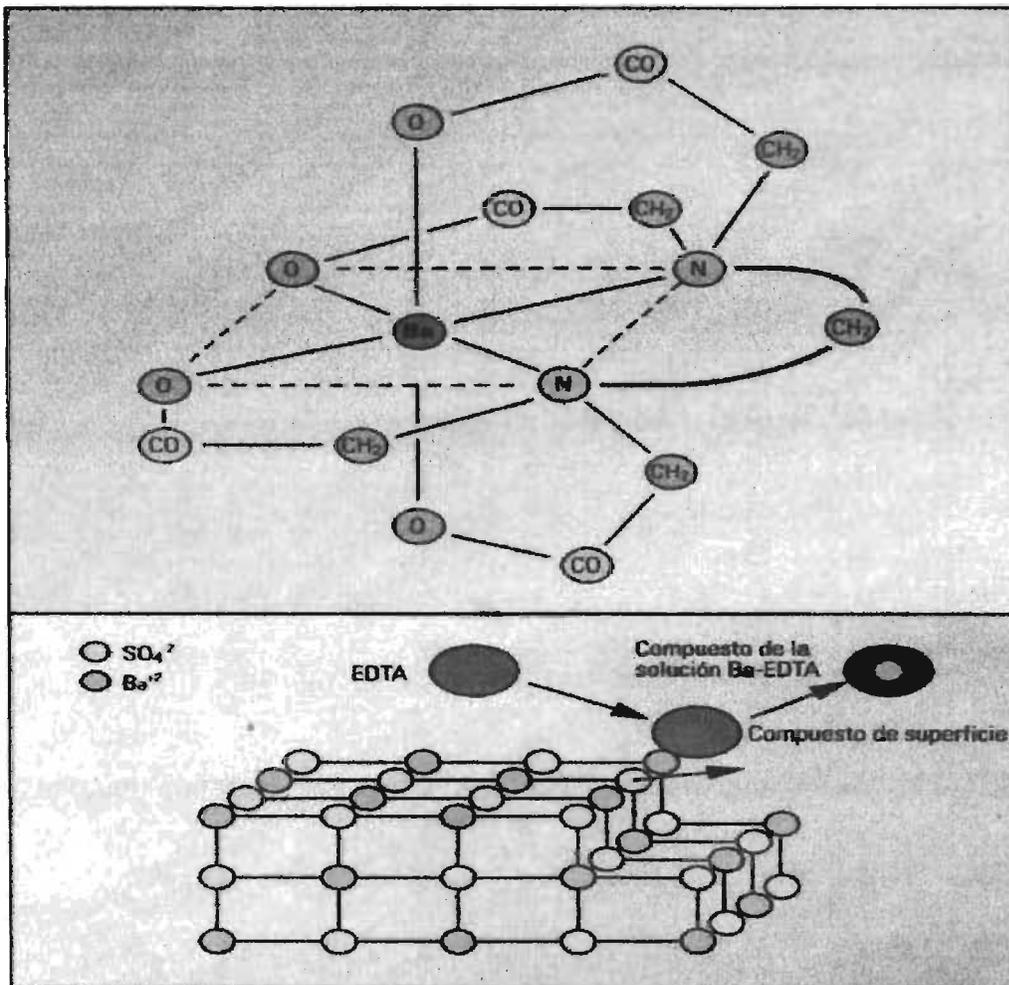
LAS ZONAS DE ALTA PERMEABILIDAD DENTRO DE LA FORMACIÓN -QUE OFRECEN UNA TRAYECTORIA DE MENOR RESISTENCIA – DESVÍAN LOS FLUIDOS DEL TRATAMIENTO Y OBSTACULIZAN LA CAPACIDAD DE LOS DISOLVENTES PARA PENETRAR EN LOS INTERVALOS DAÑADOS. LAS ÚLTIMAS TÉCNICAS QUE UTILIZAN DISOLVENTES Y “COLCHONES” LAVADORES QUE CONTIENEN SURFACTANTES VISCOELÁSTICOS PUEDEN MEJORAR LA COLOCACIÓN DEL DISOLVENTE, ESTOS SURFACTANTES FORMAN SUBSTANCIAS GELATINOSAS DE ALTA VISCOSIDAD CUANDO SE LES MEZCLA CON CIERTOS COMPUESTOS DE SALMUERA, PERO SE ROMPEN COMPLETAMENTE Y SE TRANSFORMAN EN SUBSTANCIAS ACUOSAS EN PRESENCIA DE PETRÓLEO O DE GAS, AYUDANDO A CANALIZAR LOS DISOLVENTES HACIA LAS ZONAS PRODUCTIVAS SATURADAS DE PETRÓLEO, EVITANDO LAS ZONAS NO PRODUCTIVAS SATURADAS DE AGUA.

LAS INCRUSTACIONES DURAS DE SULFATOS SON MÁS DIFÍCILES DE ELIMINAR PORQUE TIENEN UN GRADO MUY BAJO DE SOLUBILIDAD AL ÁCIDO.

EL SULFATO DE BARIO PURO ES NORMALMENTE DE BAJA POROSIDAD Y TOTALMENTE IMPENETRABLE CON AGENTES QUÍMICOS, Y SÓLO SE PUEDE ELIMINAR LENTAMENTE UTILIZANDO ALGUNOS DE LOS MÉTODOS MECÁNICOS. LAS MEZCLAS DE SULFATO DE BARIO QUE CONTIENEN SULFATO DE ESTRONCIO, CALCIO O INCLUSO CARBONATO DE CALCIO, CON FRECUENCIA CEDEN FRENTE A DIVERSOS MÉTODOS DE LIMPIEZA, TANTO QUÍMICOS COMO MECÁNICOS.

EN LA MATRIZ DE LA FORMACIÓN SE PUEDE TRATAR CON AGENTES QUELANTES FUERTES; COMPUESTOS QUE ROMPEN LAS INCRUSTACIONES RESISTENTES A LOS ÁCIDOS AISLANDO Y BLOQUEANDO LOS IONES METÁLICOS DENTRO DE SU ESTRUCTURA CERRADA EN FORMA DE ANILLO.

EL EDTA (ÁCIDO ETHYLENEDIAMENETETRAACETICO) FUE UNO DE LOS PRIMEROS AGENTES UTILIZADOS PARA MEJORAR LA REMOCIÓN QUÍMICA DE LAS INCRUSTACIONES Y HOY EN DÍA SE CONTINÚA UTILIZANDO EN DIVERSAS FORMAS; AUNQUE ESTOS TRATAMIENTOS SON MÁS COSTOSOS Y MÁS LENTOS COMPARADOS CON EL ÁCIDO CLORHÍDRICO ES EFECTIVO PARA REMOCIÓN DE INCRUSTACIONES DE CARBONATOS Y HA DEMOSTRADO RESULTADOS PROMISORIOS EN LA REMOCIÓN DE INCRUSTACIONES DE SULFATO DE CALCIO Y COMPUESTOS DE CALCIO Y SULFATO DE BARIO.



**COMPUESTO DE QUELATO DE EDTA. LOS AGENTES QUELANTES SE UTILIZAN PARA BLOQUEAR LOS IONES INDESEABLES EN LA SOLUCIÓN. UNA MOLÉCULA DE EDTA COMPARTE LOS ELECTRONES DE LOS ÁTOMOS DE OXÍGENO Y NITRÓGENO CON LOS IONES DE BARIO, FORMANDO UN COMPUESTO DE QUELATO DE BARIO Y EDTA (ARRIBA). EL PROCESO DE QUELACIÓN PUEDE AYUDAR A DISOLVER INCRUSTACIONES RESISTENTES DE SULFATO DE BARIO. (ABAJO).**

MÉTODOS MECÁNICOS CONVENCIONALES .- LAS SOLUCIONES MECÁNICAS PARA ELIMINAR DEPÓSITOS MINERALES OFRECEN UNA AMPLÍA VARIEDAD DE HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS APLICABLES EN LAS TUBERÍAS DE POZOS Y EN LA FORMACIÓN.

COMO OCURRE EN EL CASO DE TRATAMIENTOS QUÍMICOS; LA MAYOR PARTE DE LOS MÉTODOS MECÁNICOS PRESENTA UN RANGO LIMITADO DE APLICABILIDAD, DE MANERA TAL QUE LA SELECCIÓN DEL MÉTODO CORRECTO DEPENDE DEL POZO Y DEL TIPO DE INCRUSTACIÓN.

LOS MÉTODOS MECÁNICOS, SI BIEN SON VARIADOS, SE ENCUENTRAN ENTRE LOS MÁS EFICIENTES PARA LA ELIMINACIÓN DE INCRUSTACIONES DE MINERALES EN LAS TUBERÍAS.

Herramienta	Descripción	Limpieza de puentes difíciles	Limpieza de accesorios de la tubería	Otras ventajas	Otras desventajas
<b>Limpieza mecánica</b>					
Motor de desplazamiento positivo y fresa	Motor y fresa impulsados por fluidos "Moineau". La fresa remueve los depósitos triturándolos.	Sí. La velocidad de limpieza puede ser muy lenta.		Indicación positiva de limpieza en la superficie. Pequeños cortes hacen más fácil la limpieza del hoyo.	El estator del motor y la fresa son consumibles caros. Límite de ~300°F (150°C). Incompatible con disolventes de incrustaciones. La fresa puede dañar las tuberías.
Martillo de impacto	Martillo de percusión impulsado por fluidos. Las fuerzas de alto impacto destruyen los depósitos frágiles.	Sí. La velocidad de limpieza puede ser muy lenta.		Indicación positiva de limpieza en la superficie. Herramienta simple y robusta.	El tamaño grande de los cortes hace más difícil la limpieza del hoyo. Incompatible con disolventes de incrustaciones.
<b>Limpieza química</b>					
Herramienta fija de lavado	Herramienta fija con muchas boquillas de diámetros grandes. Normalmente se utiliza sólo con disolventes químicos.		Sí, si el depósito es soluble.	Herramienta simple y robusta.	Se pierde casi toda la fuerza del fluido por la fricción de la circulación. Presión de boquilla baja—no puede remover los depósitos inertes.
Herramienta a chorro rotativo	El torque de rotación lo proveen las boquillas apartadas del eje de la herramienta. No hay control de velocidad.		Sí, si el depósito es soluble.	Herramienta simple. Cobertura completa del pozo al rotar los chorros.	Lanzamiento a chorro ineficiente debido a las altas velocidades de rotación (>5000 rpm).
Herramienta a chorro rotativo	La cabeza de la boquilla rota ~90° cuando se cicla la presión de la tubería flexible. La cabeza posee muchas boquillas de pequeño diámetro para mejorar la cobertura del pozo.		✓		Requiere múltiples corridas de limpieza incrementando el tiempo de trabajo y la fatiga de la tubería flexible. No hay indicación de limpieza en la superficie. Radio de limpieza pequeño debido al pequeño tamaño de las boquillas.
Herramienta a chorro impulsada por turbina	La turbina rota la boquilla con dos boquillas. Freno de corriente parásita controla las rpm.		✓	Cobertura completa del pozo con una amplia tracción de limpieza.	Los abrasivos no se pueden bombear por medio de la turbina. Herramienta compleja.
Herramientas sónicas	Se utiliza para crear pulsos de presión de alta frecuencia que remueven los depósitos mediante ondas de choque o cavitación.		Sí, si el depósito es soluble.	Simple.	La presión hidrostática suprime la cavitación. Las herramientas no son efectivas para remover incrustaciones duras en pruebas de laboratorio.
<b>Herramienta Jet Blaster</b>					
Técnica de remoción de incrustación por explosión	Cabeza de boquilla rotada por dos boquillas apartadas del eje de la herramienta. Freno viscoso controla las rpm.		✓	Cobertura completa del pozo con amplio radio de limpieza.	
Técnica de explosión de puentes	Motor "Moineau" impulsado por fluidos y cabeza de fresa/chorro. Chorros radiales siguen la fresa piloto.	✓	✓	Indicación positiva de limpieza en la superficie.	El estator del motor es un consumible caro. Límite de ~300°F.

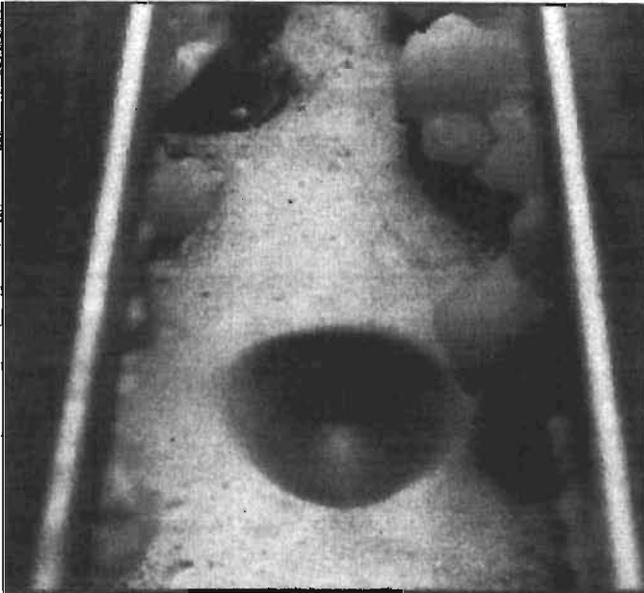
## TÉCNICAS MECÁNICAS DE REMOCIÓN DE INCRUSTACIONES.

UNO DE LOS PRIMEROS MÉTODOS UTILIZADOS FUÉ EL USO DE EXPLOSIVOS PARA HACER VIBRAR LOS TUBOS Y DESPRENDER LAS INCRUSTACIONES MÁS QUEBRADIZAS; AUNQUE A MENUDO DAÑABAN LAS TUBERÍAS Y EL CEMENTO, POSTERIORMENTE SE CORRIGIÓ ESTE PROBLEMA DETERMINÁNDOSE QUE UNO O DOS CABOS DE LA CUERDA DE DISPARO, PROPORCIONABAN LA INTENSIDAD ADECUADA.

EN LAS INCRUSTACIONES GRUESAS, PARA ELIMINARLAS SE RECURRE A LAS TÉCNICAS UTILIZADAS PARA PERFORAR ROCAS Y TRITURAR ACERO. LAS BARRENAS DE IMPACTO Y LA TECNOLOGÍA DE FRESADO HAN SIDO DESARROLLADAS PARA FUNCIONAR CON TUBERÍAS FLEXIBLES DENTRO DE LAS TUBERÍAS DE PRODUCCIÓN Y UTILIZANDO DISTINTAS BARRENAS CINCELADORAS Y VARIADAS CONFIGURACIONES DE FRESADO.

DADO QUE LAS INCRUSTACIONES RARA VEZ SE DEPOSITAN EN FORMA UNIFORME SOBRE LAS PAREDES DE LOS TUBOS, LOS REQUERIMIENTOS DE POTENCIA DE FRESADO VARÍAN ENORMEMENTE.

LAS HERRAMIENTAS DE IMPACTO SON DE MOVIMIENTO ALTERNATIVO QUE TRABAJAN COMO UN PEQUEÑO MARTILLO NEUMÁTICO Y POCA ROTACIÓN.

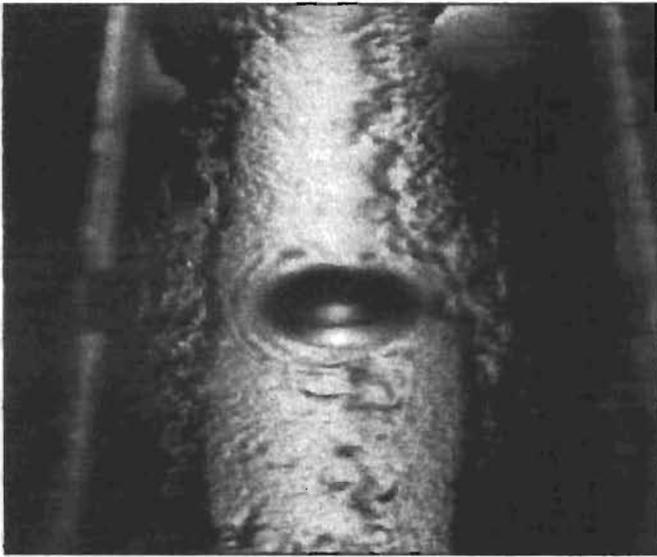


^Eliminación de incrustaciones de carbonato de calcio con chorro de agua abrasivo. La tubería recibió un solo chorro de agua con arena abrasiva a razón de 2,4 pulg./min [1 mm/seg]. Durante el ensayo se mantuvo el chorro en la misma posición durante 3 minutos, y el chorro de arena penetró casi el 80% de la pared del tubo (nivel de daño inaceptable).

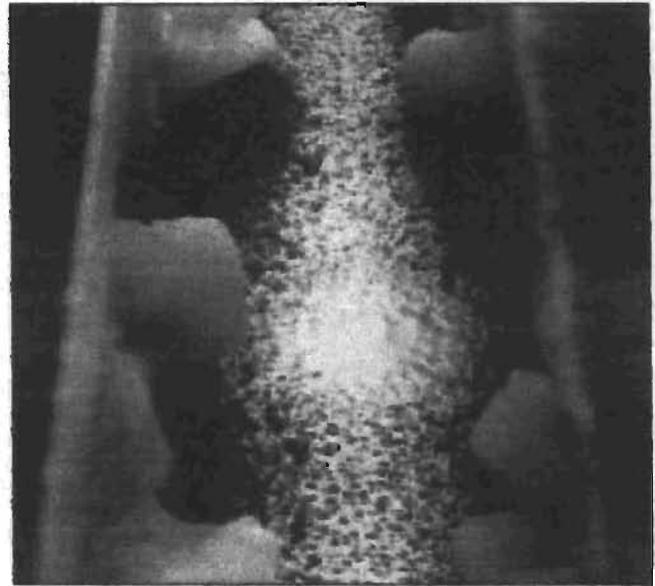


^Eliminación de incrustaciones de carbonato de calcio con chorros de agua. La tubería de producción recibió un solo chorro de agua a razón de 2,4 pulg./min [1 mm/seg]. Si bien se ha logrado remover los sedimentos de carbonatos, todavía se observa una cantidad remanente considerable.

METODO ABRASIVO STERLING BEADS: LAS PARTÍCULAS DE VIDRIO UTILIZADAS PARA REMOSIÓN DE INCRUSTACIONES SON MUCHO MÁS RESISTENTES QUE LOS TUBOS DE ACERO Y PUEDEN PROVOCAR UN EXCESO DE EROSIÓN SOBRE EL METAL .

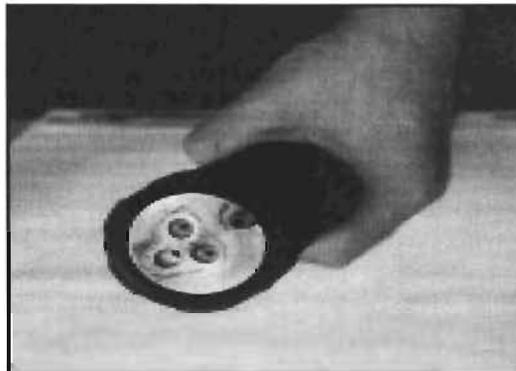


^Tubería sometida a limpieza con abrasivos de partículas de vidrio. La tubería recibió un solo chorro de agua con partículas de vidrio a razón de 1 mm/seg. Las incrustaciones de carbonatos fueron eliminadas. Durante el ensayo se mantuvo el chorro en la misma posición por espacio de 3 minutos y las partículas de vidrio cortaron un agujero hasta una profundidad de casi un 30% de la pared del tubo.



^Incrustaciones eliminadas con el abrasivo Sterling Beads. El tubo recibió un solo chorro de agua con Sterling Beads a razón de 2,4 pulg./min [1 mm/seg] para eliminar las incrustaciones de carbonatos. Durante el ensayo, se mantuvo el chorro en la misma posición durante 3 minutos, y menos del 2% del acero fue removido de las paredes del tubo.

LOS DEPÓSITOS MINERALES QUE BLOQUEAN POR COMPLETO UN TUBO SE PUEDEN REMOVER CON UNA ADAPTACIÓN ESPECIAL DE LA HERRAMIENTA ABRASIVA "JET BLASTER" UTILIZANDO LA TÉCNICA "BRIDGE BLASTING".



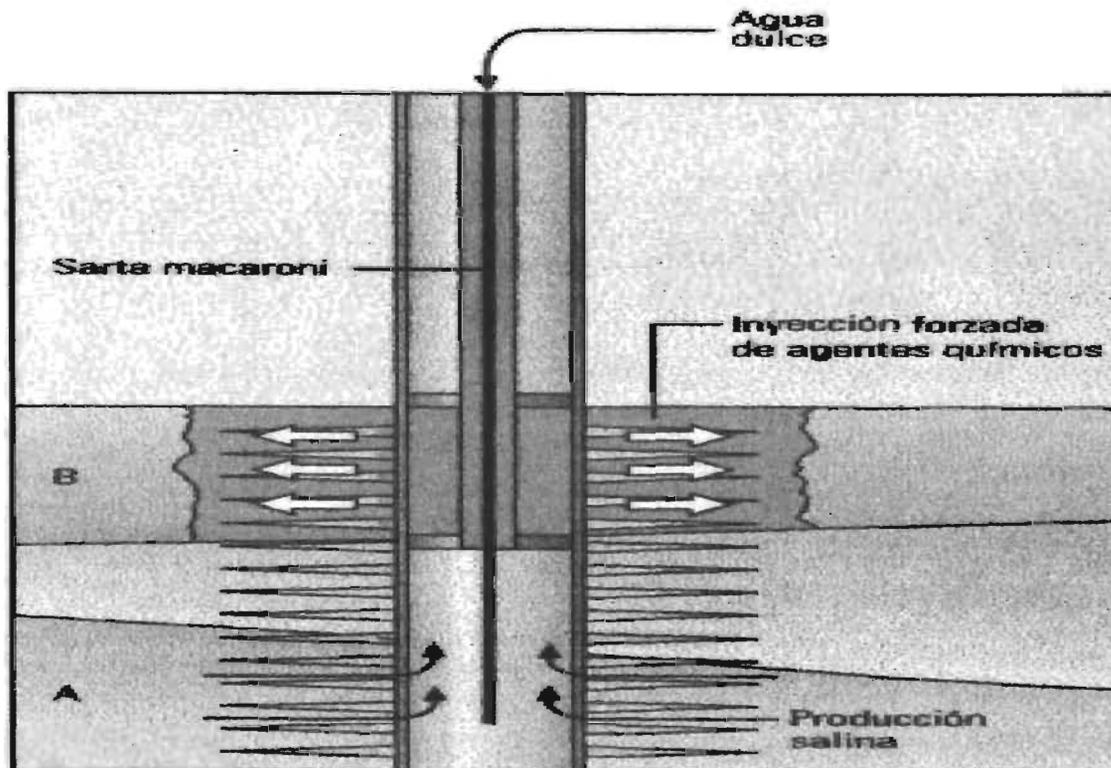
^Cabeza fresadora Bridge Blaster. El sistema Bridge Blaster se puede configurar con una cabeza expulsora radial, un anillo flotante y una fresa Reed-Hycalog (¿¿¿¿¿), o bien con boquillas de chorro abrasivo orientadas hacia abajo (¿¿¿¿¿), que perforan un hoyo en los puentes de incrustaciones que no se pueden cortar con una fresa de carburo de tungsteno.

## G).- CONTROL DE LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES.

EL COSTO DIRECTO DE ELIMINAR LAS INCRUSTACIONES DE UN POZO PUEDE ALCANZAR MUCHOS MILES DE DÓLARES, AUNADO AL COSTO DE LA PRODUCCIÓN DIFERIDA, QUE RESULTA AÚN MÁS ELEVADO. ASÍ COMO EN LA PRÁCTICA MÉDICA SE DICE QUE ES MEJOR PREVENIR QUE CURAR; MANTENER LOS POZOS PRODUCTORES EN BUEN ESTADO CONSTITUYE ,EN DEFINITIVA,LA FORMA MÁS EFICIENTE DE PRODUCIR HIDROCARBUROS.

EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS, PARA MANTENER LA PRODUCTIVIDAD DE LOS POZOS SE PREFIERE UTILIZAR EL MÉTODO DE INHIBICIÓN QUÍMICA COMO MEDIO PARA PREVENIR LA FORMACIÓN DE INCRUSTACIONES. LAS TÉCNICAS DE INHIBICIÓN PUEDEN VARIAR DESDE MÉTODOS BÁSICOS DE DILUCIÓN, A LOS MÁS AVANZADOS Y EFECTIVOS INHIBIDORES QUE ACTÚAN ANTES DE QUE SE INICIE EL PROCESO.

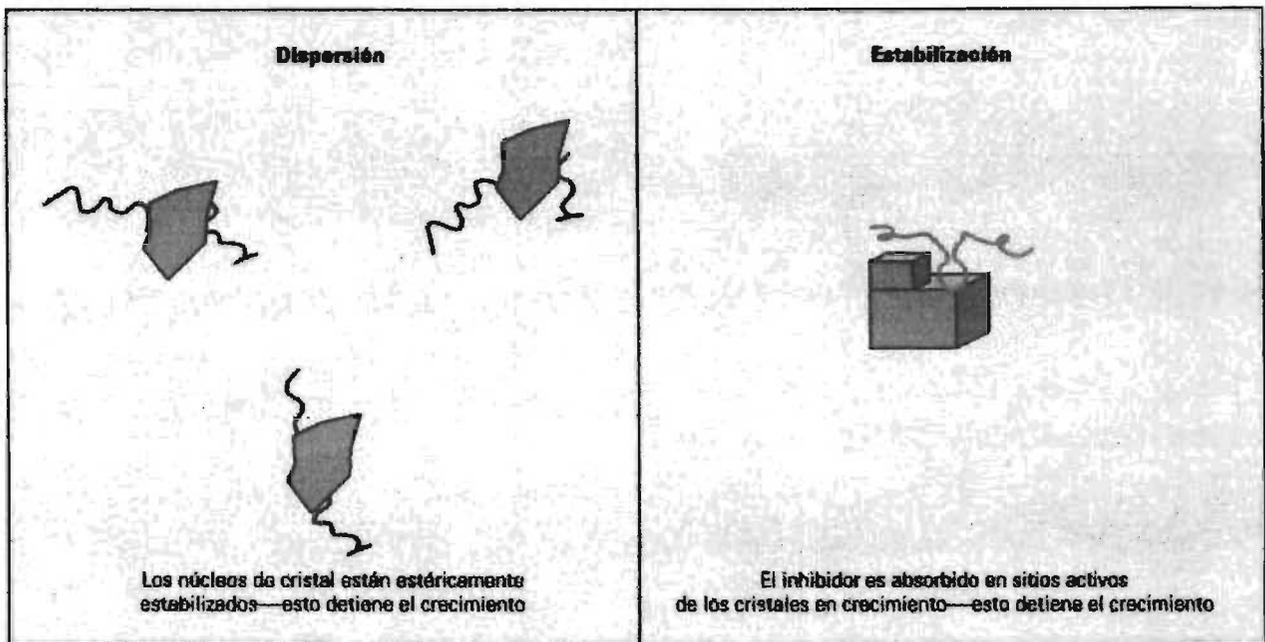
LA DILUCIÓN SE UTILIZA, POR LO GENERAL, PARA CONTROLAR LA PRECIPITACIÓN DE LA HALITA (NaCl) EN POZOS CON ALTO GRADO DE SALINIDAD. LA DILUCIÓN REDUCE LA SATURACIÓN EN EL POZO ENVIANDO AGUA DULCE EN FORMA CONTINUA A LA FORMACIÓN, Y CONSTITUYE LA TÉCNICA MÁS SIMPLE PARA PREVENIR LA FORMACIÓN DE INCRUSTACIONES EN LA TUBERÍA DE PRODUCCIÓN. REQUIERE LA INSTALACIÓN DE LO QUE SE CONOCE COMO SARTA MACARRÓN A LO LARGO DE LA T.P.



^ **Sarta macaroni.** La sarta macaroni de diámetro reducido, también llamada spaghetti o capilar, transporta los fluidos y los químicos dentro de los pozos en producción. Lleva los químicos cerca del intervalo, como se observa en la zona A, que produce el fluido que necesita tratamiento. En la zona B aparece el inhibidor que se introduce periódicamente en la formación.

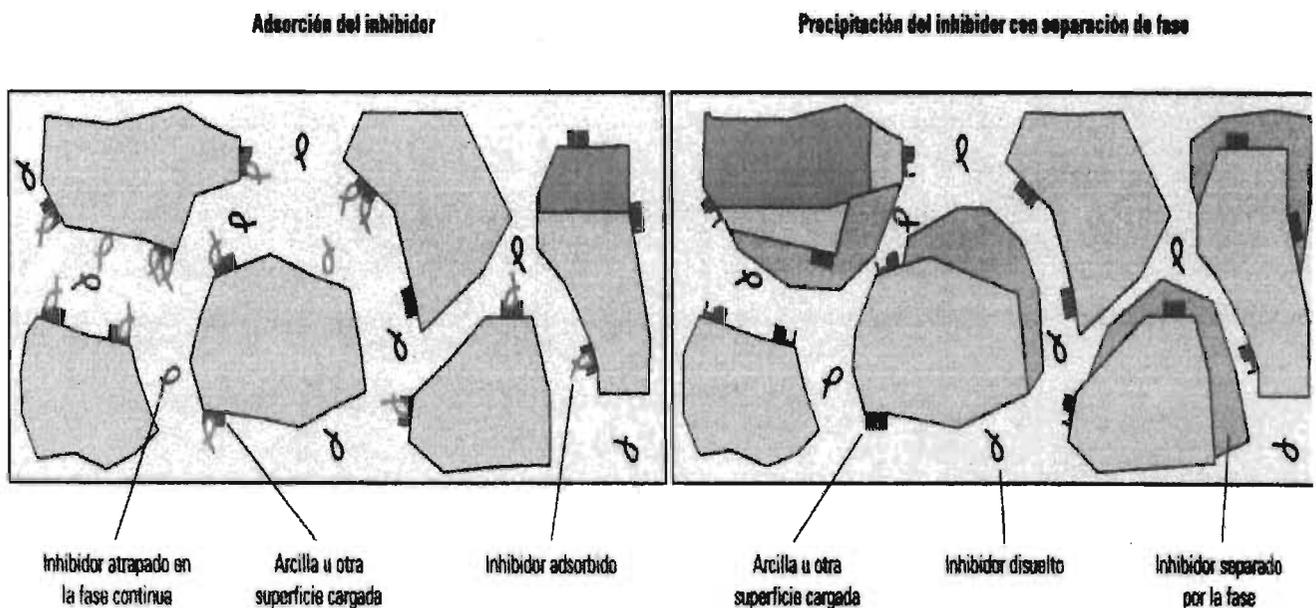
ADEMÁS DE LA DILUCIÓN ,EXISTEN LITERALMENTE MILES DE INHIBIDORES DE INCRUSTACIONES PARA DISTINTAS APLICACIONES, LA MAYORÍA DE ESTOS BLOQUEAN EL DESARROLLO DE LAS PARTÍCULAS MINERALES ATACANDO EL CRECIMIENTO DE LOS NÚCLEOS DE LAS INCRUSTACIONES.

LA MAYORÍA DE LOS INHIBIDORES SON COMPUESTOS DE FOSFATOS: POLIFOSFATOS INORGÁNICOS, ÉSTERES DE FOSFATO ORGÁNICOS, FOSFATOS ORGÁNICOS, AMINOFOSFATOS ORGÁNICOS Y POLÍMEROS ORGÁNICOS. ESTOS QUÍMICOS MINIMIZAN LA INCRUSTACIÓN DE MINERALES ,MEDIANTE UNA COMBINACIÓN DE DISPERSIÓN DE CRISTALES Y ESTABILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS.



^Dispersión y estabilización. La dispersión (*izquierda*) impide que los pequeños cristales de minerales se adhieran a las paredes de la tubería de producción y a otras partículas de cristales. Los estabilizadores químicos modifican la estructura de las incrustaciones de modo de prevenir la adherencia de otros cristales.

VIDA ÚTIL DEL INHIBIDOR: ESTOS SON RETENIDOS EN LA FORMACIÓN POR ADSORCIÓN A LAS PAREDES DE LOS POROS O PRECIPITACIÓN EN EL ESPACIO DE LOS POROS. LA ADSORCIÓN ES MÁS EFECTIVA EN LAS FORMACIONES DE ARENISCAS.



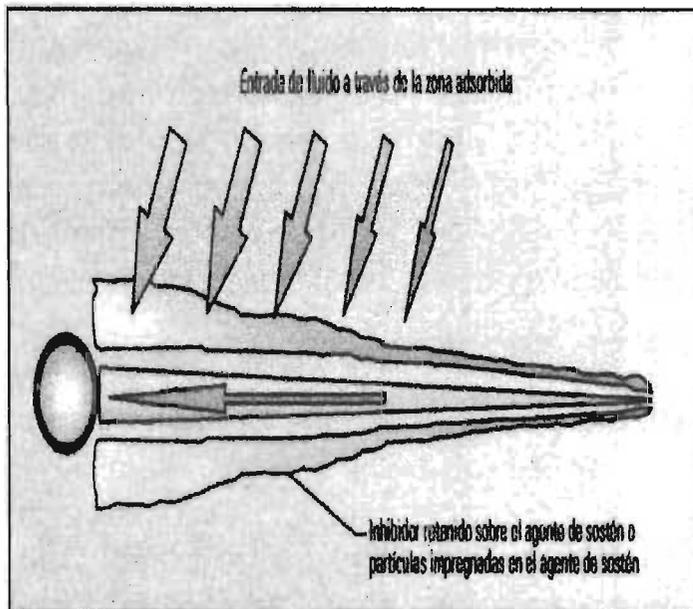
^Adsorción y precipitación. Los inhibidores de incrustaciones proveen la mejor vida útil del tratamiento cuando se los retiene en la formación, ya sea por adsorción a las paredes de los poros (*izquierda*), o bien por precipitación en el espacio de los poros (*derecha*).

LA VIDA ÚTIL DEL TRATAMIENTO DEPENDE FUNDAMENTALMENTE DE LA QUÍMICA DE LA SUPERFICIE, LA TEMPERATURA Y EL Ph DEL LÍQUIDO QUE SE ENCUENTRA EN CONTACTO CON LA FORMACIÓN, Y OCASIONALMENTE ES INUSUALMENTE CORTA(DE 3 A 6 MESES),DEBIDO A QUE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE LAS ROCAS DE FORMACIONES ES LIMITADA BAJO LAS CONDICIONES DE LOS YACIMIENTOS.

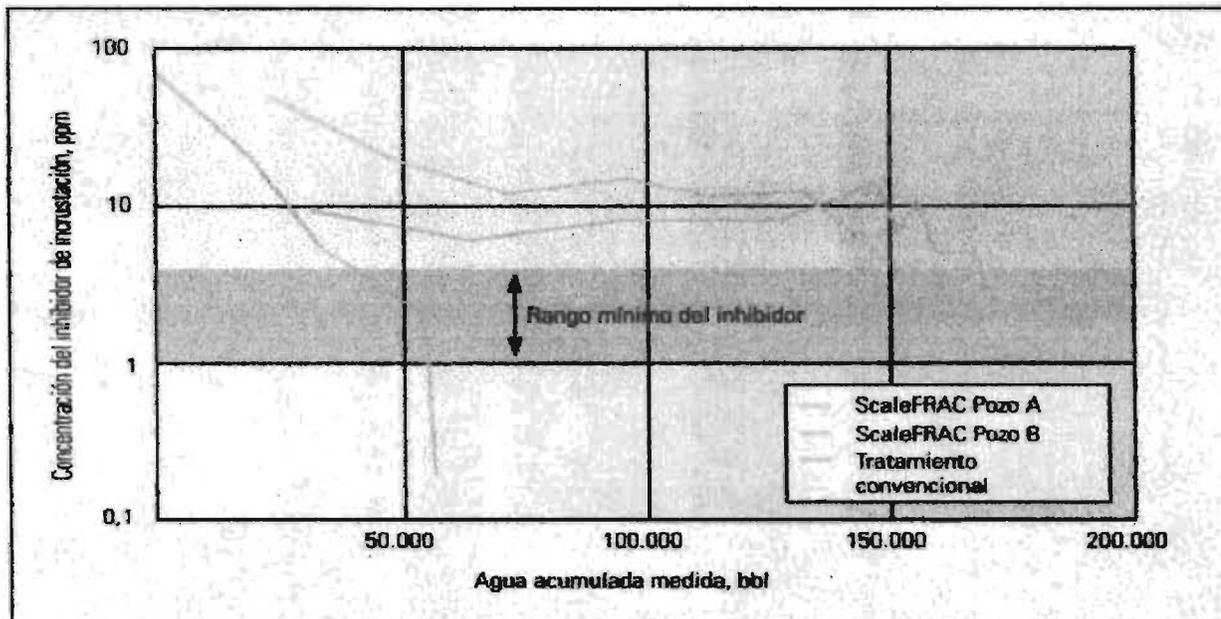
NORMALMENTE LA VIDA ÚTIL DEL TRATAMIENTO ES DE 1 AÑO EN EL CASO DE LOS TRATAMIENTOS DISEÑADOS ADECUADAMENTE, EN LOS CUALES LA PRECIPITACIÓN ACTÚA COMO MECANISMO DE RETENCIÓN DEL INHIBIDOR, AUNQUE SE ENCUENTREN TASAS ELEVADAS DE PRODUCCIÓN DE AGUA. SE ESTAN ENSAYANDO NUEVOS FLUIDOS INHIBIDORES QUE SE BASAN EN EL PUNTO CRÍTICO DE MOJABILIDAD DE LA ROCA.

LOS PROGRAMAS DISPONIBLES EN EL MERCADO, COMO EL SQUEEZE - V DESARROLLADO EN ESCOCIA ,SIMULAN LA RETENCIÓN Y LIBERACIÓN DE INHIBIDORES POR ADSORCIÓN O PRECIPITACIÓN.

SCHLUMBERGER HA IMPLEMENTADO UN SISTEMA DE LIBERACIÓN DEL INHIBIDOR, DENOMINADO SISTEMA SCALE – FRAC ,QUE COMBINA EN UN ÚNICO PASO UN TRATAMIENTO INHIBIDOR DE INCRUSTACIONES CON UN TRATAMIENTO DE FRACTURAMIENTO, PARA LO CUAL SE UTILIZA UN NUEVO INHIBIDOR LÍQUIDO COMPATIBLE CON LOS FLUIDOS DE FRACTURA. EL INHIBIDOR DE INCRUSTACIONES SE COLOCA POR BOMBEO EN TODA LA FRACTURA RELLENA CON AGENTE DE SOSTÉN DURANTE LAS ETAPAS DE PRELAVADO Y EMPLAZAMIENTO DE ARENA DEL TRATAMIENTO DE FRACTURAMIENTO.



< Estimulación por fracturación hidráulica con emplazamiento del inhibidor. La colocación del inhibidor con alto grado de eficiencia se logra bombeando el inhibidor en el fluido de fracturación durante el tratamiento de fracturación. El inhibidor queda retenido en la formación por adsorción en la zona de pérdida, o por precipitación sobre el agente de sostén. A medida que el agua de formación atraviesa la zona de absorción del inhibidor, disuelve suficiente cantidad de inhibidor como para impedir que el agua precipite en las fracturas y en el pozo.



^Retención del inhibidor. Los datos de elución del inhibidor medidos en dos pozos tratados con el sistema ScaleFRAC muestran que las concentraciones del agente inhibidor en el agua producida se mantuvieron por encima del valor crítico (habitualmente entre 1 y 5 ppm) para impedir la formación y el desarrollo de incrustaciones. Los pozos A y B tratados con la nueva técnica de emplazamiento del inhibidor produjeron agua libre de residuos por un período mucho más prolongado que aquellos que fueron sometidos a tratamientos convencionales.

CADA UNA DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS. MEJORA UN ASPECTO DEL CONTROL DE LAS INCRUSTACIONES MINERALES EN EL POZO, QUE COMBINADAS FORMAN PARTE DEL PROCESO DE MANEJO DE LAS INCRUSTACIONES, MEDIANTE EL CUAL SE PUEDEN APLICAR MÉTODOS DE CONTROL PARA IDENTIFICAR EL INICIO DE LAS CONDICIONES FAVORABLES PARA LA FORMACIÓN DE INCRUSTACIONES Y DESARROLLAR LA ESTRATEGIA ÓPTIMA PARA REDUCIR LOS PROBLEMAS DE PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN Y GASTOS EN LA REPARACIÓN DE LOS POZOS.

## CAPÍTULO II.- ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DEL CAMPO RODADOR.

PARA RESOLVER CON PROPIEDAD EL PROBLEMA DE INCRUSTACIONES DE SAL EN EL CAMPO MENCIONADO, DEBEMOS OBTENER LOS DATOS FIDEDIGNOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS HODROCARBUROS Y DE YACIMIENTO ,PARA SU ANÁLISIS RESPECTIVO Y DETERMINAR BAJO QUÉ CONDICIONES LOS POZOS PROBLEMA ESTÁN PRODUCIENDO; CON LA FINALIDAD DE EVALUAR EN FORMA TEÒRICA Y CUANTITATIVA LAS CAUSAS QUE AFECTAN DICHA PRODUCCIÒN.

A CONTINUACIÒN SE DESCRIBE INFORMACIÒN RELEVANTE DEL CAMPO EN CUESTIÒN :



### CARACTERIZACION DE ACEITES CAMPO RODADOR

#### ESPECIFICACION DE FLUIDOS

POZOS	4	83	85	87	179	193	195-D	197	199	258
GRAVEDAD ESPECIFICA 20/4°C (ASTM 1298)	0.878	0.873	0.876	0.885	0.875	0.871	0.876	0.773	0.879	0.874
GRAVEDAD A.P.I. 60/60°F (ASTM D287-92)	29.13	30.05	29.50	27.86	29.68	30.42	29.5	50.77	28.98	29.86
VISCOSIDAD SSU @21.1°C (ASTM D88)	83.41	70.64	79.72	98.16	75.09	78.29	71.63	32.55	76.32	75.24
VISCOSIDAD SSU @37.8°C (ASTM D88)	60.05	53.49	62.05	66.15	56.46	58.87	53.86	31.74	57.59	55.1
VISCOSIDAD SSU @54.4°C (ASTM D88)	46.77	46.91	52.16	55.76	48.25	48.23	46.08	30.82	47.02	45.68
VISC. CINEMATICA CTS @40.0°C (ASTM D445)	11.07	9.78	8.67	10.6	9.87	7.48	8.02	1.32	8.73	8.35
VISCOSIDAD DINAMICA (CP) (ASTM D445)	9.54	8.41	7.47	9.27	8.50	6.41	6.88	0.99	7.55	7.18
TEMP. DE ESCURRIMIENTO °C (ASTM D97)	<-12	<-13	<-13	<-13	<-12	<-14	<-12	<-12	<-12	10
AGUA POR CENTRIFUGACION % (ASTM D4007)	40.00	12.00	23.00	10.00	0.80	8.00	58.00	0.30	25.00	28
SEDIMENTACION POR CENTRIFUGACION % (ASTM D4007)	0.00	0.10	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AGUA POR DESTILACION % (ASTM D4006)	40.00	12.00	23.00	10.00	1.00	8.00	58.00	0.40	25.00	28.00
SALINIDAD P.P.M (NCL) (UCP-22)	367,500	385,500	404,300	247,800	411,33	357,700	322,300	267,61	332,100	394,200
AZUFRE TOTAL % PESO (ASTM D4294-00)	1.44	0.99	0.92	0.63	1.32	1.07	1.35	0.70	1.25	1.33
CARBON RAMS BOTTOM % PESO (ASTM D524)	2.10	2.80	1.70	5.10	2.60	2.40	3.30	2.10	2.70	2.10
CARBON CONRADSON % PESO (ASTM D189)	2.75	3.89	2.10	6.63	3.41	3.27	4.28	2.72	3.65	2.65
PARAFINA TOTAL % PESO (UCP-46)	5.36	3.72	4.53	6.90	2.97	4.64	2.13	4.37	2.79	2.81
FACTOR DE CARACTERIZACION (UCP 375-88)	11.80	11.75	11.75	11.65	11.80	11.75	11.8	12.2	11.65	11.70
ASFALTENOS % PESO (IP-143)	3.72	2.61	2.93	3.81	1.25	1.36	1.33	1.44	1.55	1.33

CARACTERIZACION: GRUDO BASE INTERMEDIA  
ANALISIS REALIZADO EN: LABORATORIO DE COMALCALCO.  
FECHA: ENERO DEL 2000

<b>INICIO DE EXPLOTACION</b>	<b>JUNIO DE 1971</b>
<b>AREA</b>	<b>4.843 Km<sup>2</sup></b>
<b>RESERVA REMANENTE DE ACBTE 1P=2P</b>	<b>29.98 MM BLS</b>
<b>PRODUCCION ACUMULADA DE ACETE</b>	<b>20.47 MM BLS ( JULIO/2002 )</b>
<b>PRODUCCION ACUMULADA DE GAS</b>	<b>28.080 MMM PC</b>
<b>PRODUCCION PROMEDIO DIARIA DE ACBTE Y GAS</b>	<b>3276 BPD Y 3.237 MMPCD (AGOSTO/2002)</b>
<b>PRODUCTIVIDAD PROMEDIO</b>	<b>392 BPD/POZO</b>
<b>POZOS PERFORADOS</b>	<b>47</b>
<b>POZOS EN PRODUCCION</b>	<b>10</b>
<b>TIPO DE YACIMIENTO</b>	<b>BAJO SATURADO</b>
<b>TIPO DE FLUIDO</b>	<b>ACBTE NEGRO</b>
<b>DENSIDAD DEL ACBTE</b>	<b>30° A 33° API</b>
<b>NUMERO DE ARENAS</b>	<b>13</b>
<b>ESPESOR NETO</b>	<b>2 A 40 M.</b>
<b>PERMEABILIDAD</b>	<b>5 A 50 MD.</b>
<b>POROSIDAD</b>	<b>18 A 22 %</b>
<b>SATURACION DE AGUA</b>	<b>20 A 29 %</b>
<b>PRESION DE SATURACION</b>	<b>188.5 A 253.0 Kg/cm<sup>2</sup> ( 5 P.V.T. )</b>
<b>PRESION INICIAL</b>	<b>245.7 A 415.1 Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>R<sub>si</sub></b>	<b>139 M<sup>3</sup>/M<sup>3</sup></b>
<b>Boi</b>	<b>1.315 A 1.686 ( M<sup>3</sup>/M<sup>3</sup> ) ( 5 P.V.T. )</b>

**Activo Cinco Presidentes**

## COLUMNA ESTRATIGRAFICA

ERA	PERIODO	EPOCA	FORMACION	LITOLOGIA	
T E R C I A R I O	N E O G E N O	P L I O C E N O	?	CEDRAL	
				PARAJE SOLO	
			M E D I O	FILISOLA	
				I N F	CONCEP. SUP.
					CONCEP. INF.
				M E D I O	ENCANTO
				J. MEDIO	ANHIDRITA-SAL

**SIMBOLOGIA**

 ARENA

 LUTITA

 ANHIDRITA-SAL



FORMACION PRODUCTORA

FORMACION	CIMA (m.b.M.R.)	ESPESOR (m)
Cedral	Aflora	650
Paraje Solo	650	750
Filisola	1400	500
Concepción Superior	1900	230
Concepción Interior	2140	280
Encanto	2410	1140
Anhidrita-Sal	3608	10

Activo Cinco Presidentes

## **GEOLOGÍA**

### **DESCRIPCIÓN DE LA FORMACIÓN PRODUCTORA :**

LA FORMACIÓN ENCANTO ESTÁ CONTITUIDA POR UNA ALTERNANCIA DE CUERPOS DE ARENAS Y LUTITAS, AMBOS CUERPOS SON DE ESPESOR VARIABLE DISTRIBUIDOS DESDE LA CIMA HASTA LA BASE. LA ARENAS DE COLOR GRIS CLARO Y GRIS OSCURO DE GRANO GRUESO A FINO Y LA LUTITA SE PRESENTA DE COLOR GRIS VERDOSO Y GRIS OSCURO, SUAVE A DURA. POR CORRELACIÓN ELÉCTRICA CON LOS REGISTROS, LA CIMA DE ÉSTA FORMACIÓN EN EL ÁREA SUR DEL CAMPO, SE CARACTERIZA POR EL INICIO DE LAS ALTERNANCIAS DE CUERPOS DE ARENAS Y LUTITAS BIEN DEFINIDOS, LOS CUALES SE ENCUENTRAN A UNA PROFUNDIDAD PROMEDIO DE 2240 M.

EN EL SENTIDO DE LA PERFORACIÓN LA BASE DE LA FORMACIÓN ENCANTO SE RECONOCE EN LOS REGISTROS DE POZOS, POR UN CAMBIO, DE UNA COLUMNA GEOLÓGICA MÁS ARENOSA A UNA COLUMNA MÁS ARCILLOSA.

LA PRINCIPAL ZONA PRODUCTORA Y CON POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN SE LOCALIZA ENTRE UN RANGO DE PROFUNDIDAD DE 2500 A 3350 M. ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE ESOS 850 M. DE ESPESOR DE LA ZONA PRODUCTORA, NO EQUIVALEN A UN ESPESOR NETO IMPREGNADO, SINO QUE CORRESPONDEN A UN ESPESOR BRUTO, CONSTITUIDO POR INTERCALACIONES DE ARENAS Y LUTITAS.

ESTOS INTERVALOS PRODUCTORES Y POTENCIALES PERTENECEN A LA FORMACIÓN ENCANTO DEL MIOCENO MEDIO-PLIOCENO INFERIOR. LA FORMACIÓN ENCANTO ES CONSIDERADA COMO LA MÁS ATRACTIVA ECONÓMICAMENTE, POR ENCONTRARSE LA PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS DEL CAMPO.

LA MAYORÍA DE LA PRODUCCIÓN DE LA FORMACIÓN ENCANTO DE LOS CAMPOS DE LAS CUENCAS TERCIARIAS DEL SURESTE DE MÉXICO PROVIENEN DE ARENAS TURBÍDICAS Y PUEDEN CONSIDERARSE COMO TURBIDITAS DE TEJA (PEP-BP EXPLORACIÓN,1994 ).

## **GEOLOGÍA ECONÓMICA**

### **ROCAS ALMACENADORAS :**

LAS ROCAS DONDE SE ENCUENTRAN LOS PRINCIPALES YACIMIENTOS DE HIDROCARBUROS, CORRESPONDEN A DIVERSOS DESARROLLOS ARENOSOS CONSTITUIDOS POR ARENAS Y ARENISCAS ARCILLOSAS DE COLOR GRIS CLARO A GRIS OSCURO DE GRANO FINO A MEDIO, EN OCASIONES DE GRANO GRUESO DE LA FORMACIÓN ENCANTO. EN EL ÁREA DICHOS YACIMIENTOS VARÍAN EN ESPESOR DESDE 3 HASTA 33 M. CON UNA POROSIDAD PROMEDIO DE 22 %.

### **ROCAS SELLO**

EN EL CAMPO RODADOR LAS ROCAS SELLO LA CONSTITUYEN LOS ESPESORES VARIABLES DE LUTITA, INTERCALADAS CON LAS ROCAS ALMACENADORAS DE HIDROCARBUROS QUE CORRESPONDEN A LA FORMACIÓN ENCANTO DEL MIOCENO MEDIO-PLIOCENO INFERIOR. COMO SELLOS LATERALES SE TIENEN EN ALGUNOS CASOS FALLAS, CAMBIOS DE FACIES Y ACUÑAMIENTOS. ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE EN ÁREAS VECINAS(CAMPOS CINCO PRESIDENTES Y SAN RAMÓN),LA PRESENCIA DE SAL DE FORMA IRREGULAR Y DE ESPESOR VARIABLE FUNCIONA TAMBIÉN COMO EXCELENTE SELLO EN EL ENTRAMPAMIENTO DE HIDROCARBUROS.

### **TRAMPAS**

SON PRINCIPALMENTE DE TIPO ESTRATIGRÁFICAS POR ACUÑAMIENTO Y CAMBIOS DE FACIES, PASANDO DE UNA FACIE ARENOSA A UNA FACIE ARCILLOSA, AUNQUE TAMBIÉN SE PRESENTAN ESTRUCTURALES Y COMBINADAS.

**ESTADO MECÁNICO**
**INFORMACIÓN GENERAL DEL POZO RODADOR 83**
**COORDENADAS SISTEMA PTA. GORDA**

 X = 23608.05  
 Y = 3092.86

**COLUMNA GEOLÓGICA**

FORMACIÓN	PROF. (m)
Reciente Cedral	Aflora
Paraíso Solo	591
Filisola	1025
Concepción Superior	1893
Concepción Inferior	2012
Encanto	2250
PROF. TOTAL	3525

**COLUMNA DE LODOS**

PROF. (m)	DENSIDAD
0000 - 1870	1.10-1.22 gr/cc
1870 - 2130	1.22-1.25 gr/cc
2130 - 2705	1.25-1.28 gr/cc
2705 - 3223	1.28-1.35 gr/cc
3223 - 3525	1.35-1.43 gr/cc

**DISTRIBUCIÓN TR's**

DIAM.	TIPO	PROF. (m)
24"	Conductor	00.00 23.00
13 3/8"	J-55 54.5 lb/ple	00.00 205.00
9 5/8"	J-55 36 lb/ple	00.00 1090.00
9 5/8"	J-55 40 lb/ple	1090.00 1396.00
9 5/8"	N-80 40 lb/ple	1396.00 1700.00
6 5/8"	N-80 28 lb/ple	00.00 484.00
6 5/8"	N-80 24 lb/ple	484.00 1947.00
6 5/8"	N-80 28 lb/ple	1947.00 3004.00
6 5/8"	N-80 32 lb/ple	3004.00 3374.00

**APAREJO PRODUCCION CON T.P. DE 2 7/8"**

INSERTO No.	PROF. (Mts)	Pvo (PSI)	TIPO	MAND	CAND	PTO (PGS)
1	470.61	740	CP-4	Conv.	N/A	3/8
2	883.40	730	CP-4	Conv.	N/A	3/8
3	1244.68	720	CP-4	Conv.	N/A	3/8
4	1513.00	710	CP-4	Conv.	N/A	3/8
5	1889.67	700	CP-4	Conv.	N/A	3/8
6	2146.24	690	CP-4	Conv.	N/A	3/8
7	2380.8	680	CP-4	Conv.	N/A	3/8
8	2588.14	670	CP-4	Conv.	N/A	3/8
9	2793.63	660	CP-4	Conv.	N/A	3/8
10	2996.79	650	CP-4	Conv.	N/A	3/8
11	3208.9	640	CP-4	Conv.	N/A	3/8

**INTERVALO(S) EN EXPLOTACIÓN**

Intervalo (s) (m.b.m.r.)	PISTOLAS				Fecha Disp.
	Tipo	Diam.	Fase	C/M	
3277-3279	CJ	1 11/16		13	13 May 86
3286-3291	CJ	1 11/16		13	3 May 86
3245-3253	c/pluma				20 Sep 99

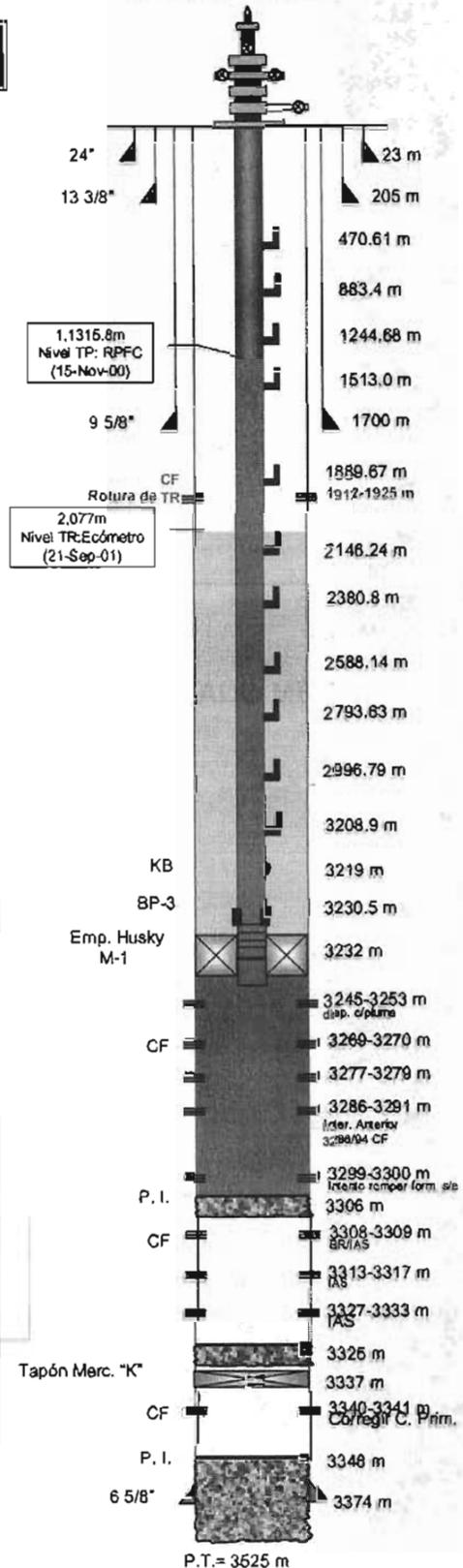
**REGISTRO DE PRESIONES**

Pfondo psia	Psup psia	Tipo de Reg.	Fecha Reg.
2849	770	PFC	15-Nov-00
Nivel de Aceite en TP= 1,315.8 m			
T <sub>fondo</sub> = 101°C			
T <sub>sup</sub> = 28°C			

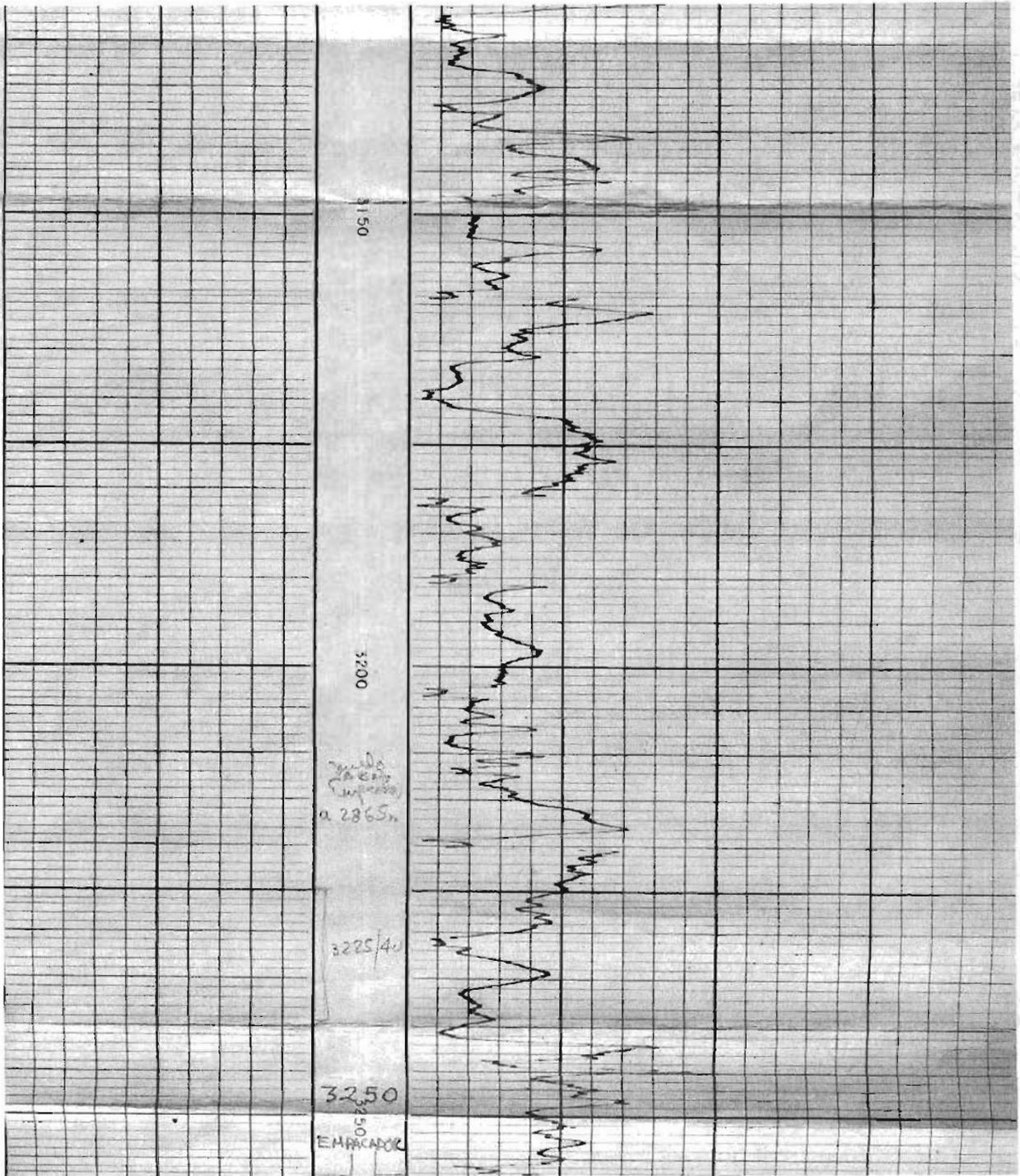
 Elevación de la mesa rotatoria al cabezal 9 5/8" 3.5 m  
 Árbol de válvulas: EPN S-1500 T. S.

FECHA DE LA ÚLTIMA INTERVENCIÓN: Rme 28 Enero - 15 Febrero 1990

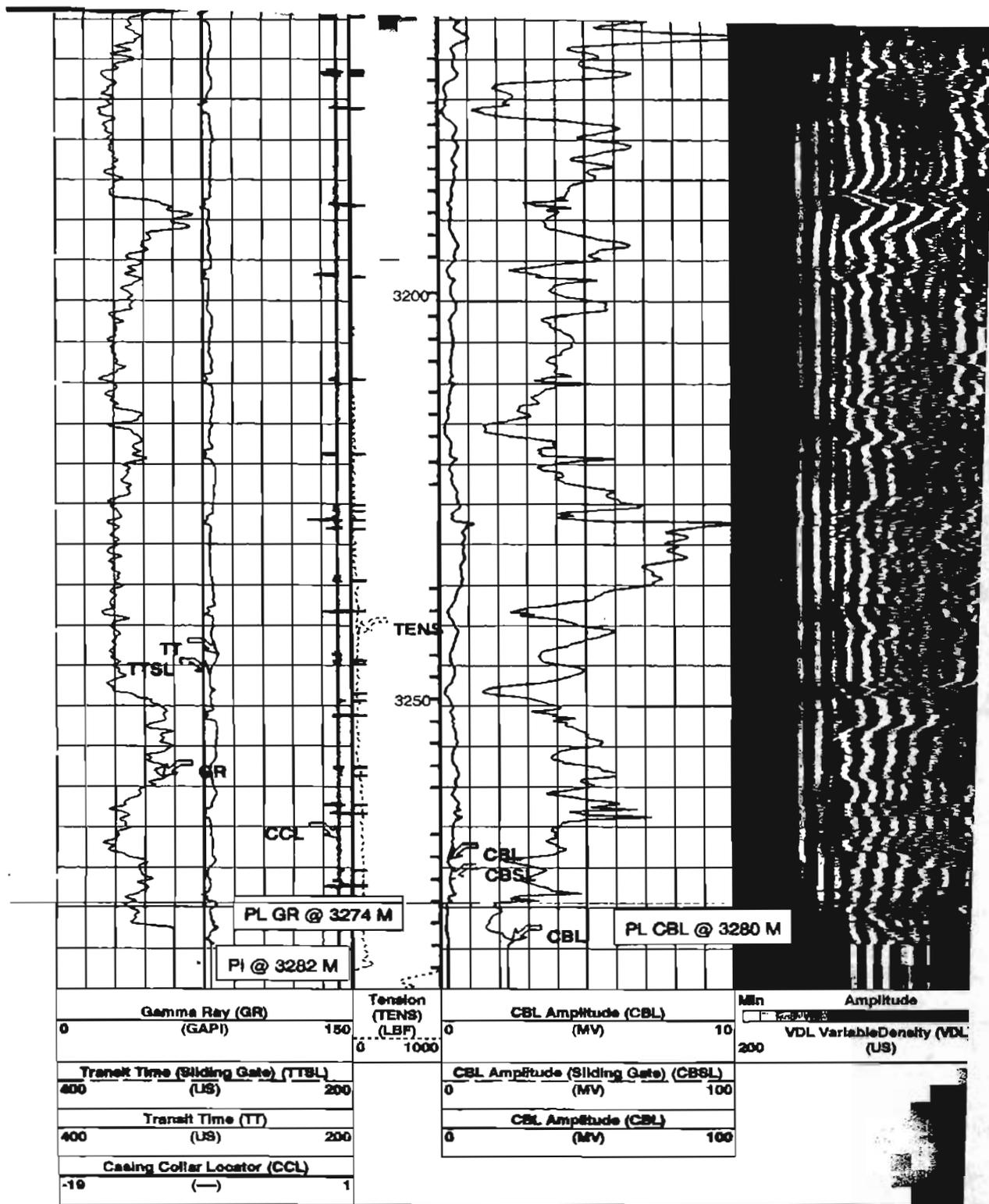
FECHA DE ACTUALIZACIÓN DEL EDO. MEC.: Agosto 2000







REGISTRO SÓNICO DE CEMENTACIÓN DEL POZO RODADOR N° 85  
 REALIZADO EN JUNIO DE 1979 ; MOSTRANDO SUS ADHERENCIAS;  
 OBSERVANDO LOS BAJOS PORCENTAJES DE ESTAS.



REGISTRO CBL-VDL-RG-CCL DEL POZO RODADOR N° 85 REALIZADO EN AGOSTO DEL 2002 ; MOSTRANDO EL INCREMENTO DE LAS ADHERENCIAS DESPUÉS DE LA CORRECCIÓN DE LA CEMENTACIÓN PRIMARIA.

SE OBTUVO UNA MUESTRA DE ACEITE DEL POZO RODADOR N° 83 Y EN EL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN DEL I.M.P. SE ANALIZÓ; POR CENTRIFUGACIÓN OBSERVÁNDOSE LA SEPARACIÓN DE 3 FASES :

- ACEITE
- FASE EMULSIONADA
- AGUA

A LAS MUESTRAS DE ACEITE Y A LA FASE EMULSIONADA SE LE DETERMINARÓN LOS CONTENIDOS DE ASFALTENOS Y DE PARAFINA:

ACEITE : CONTENIDO DE ASFALTENOS = 1.55 % ; CONTENIDO DE PARAFINAS = 1.86 %.

FASE EMULSIONADA : CONTENIDO DE ASFALTENOS = 6.13 % ; CONTENIDO DE PARAFINAS = 1.40 %.

EL CONTENIDO DE ASFALTENOS SE OBTUVO POR EL MÉTODO ASTM D3279/90(MODIFICADO) Y EL CONTENIDO DE PARAFINAS FUE POR EL MÉTODO UOP 46/64(MODIFICADO).

LA FASE ACUOSA SEPARADA(AGUA), DESPUÉS DE CADA LAVADO, SE MEZCLÓ Y ANALIZÓ POR CLORUROS, OBTENIÉNDOSE EL SIGUIENTE RESULTADO :

CLORUROS TOTALES = 235,000 PPM.

CLORUROS(COMO NaCl) = 387,000 PPM.

ESTOS CLORUROS SE OBTUVIERÓN POR TITULACIÓN VOLUMÉTRICA CON NITRATO DE MERCURIO (MÉTODO 8206 DE HACH APROBADO POR EPA)

LA FASE EMULSIONADA FUE LAVADA EN REPETIDAS OCASIONES CON TOLUENO, OBSERVÁNDOSE QUE LA EMULSIÓN SE MANTENÍA ESTABLE OBSERVÁNDOSE TODAVÍA LAS 3 FASES ORIGINALES, SE CONTINUO CENTRIFUGANDO LOGRANDO ROMPER LA EMULSIÓN DEPOSITÁNDOSE UN SÓLIDO BLANCO EN EL RECIPIENTE, EL CUAL FUE SEPARADO, LAVADO Y PREPARADO PARA SER ANALIZADO E IDENTIFICADO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS "X" .

### **IDENTIFICACIÓN DE LA INCRUSTACIÓN :**

PARA LA IDENTIFICACIÓN DE UNA INCRUSTACIÓN MINERAL SE UTILIZA LA TÉCNICA DE DIFRACCIÓN DE RAYOS "X" ;EN ÉSTA SE EMPLEA UN HAZ DE RAYOS "X" DIRIGIDOS SOBRE LA MUESTRA EN POLVO DE LOS CRISTALES DE INCRUSTACIÓN; CADA COMPONENTE QUÍMICO DE LA INCRUSTACIÓN DEFRACTA LOS RAYOS "X" DE UNA MANERA CARACTERÍSTICA LA CUAL PERMITE SU IDENTIFICACIÓN.

EN EL LABORATORIO DE RAYOS "X" DEL I.M.P., SE EFECTUÓ LA IDENTIFICACIÓN POR LA TÉCNICA DE DIFRACCIÓN DE RAYOS "X" DETERMINÁNDOSE QUE EL TIPO DE LA INCRUSTACIÓN ES 100 % DE CLORURO DE SODIO ( NaCl ).



**INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO**

**PRODUCTIVIDAD DE POZOS**

**LABORATORIO DE RAYOS X**

**INFORME DE RESULTADOS**

1 de 1

**No. DE REGISTRO:** RX-20-02

**FECHA DE ENTRADA:** 11/11/2002

**FECHA DE SALIDA:** 15/11/2002

**PROCEDENCIA:** EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

**SOLICITANTE:** ING. FRANCISCO PULIDO CASTAÑEDA

**DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:** MUESTRA DE SÓLIDA DEL POZO RODADOR -83

**TÉCNICA EMPLEADA:** DIFRACCIÓN DE RAYOS X

**MÉTODO:** METODOLOGÍA IMP

**MUESTRA SÓLIDA DEL POZO RODADOR 83**

**DRX:**

NaCl – Halita

**ANALIZO:** AJAG

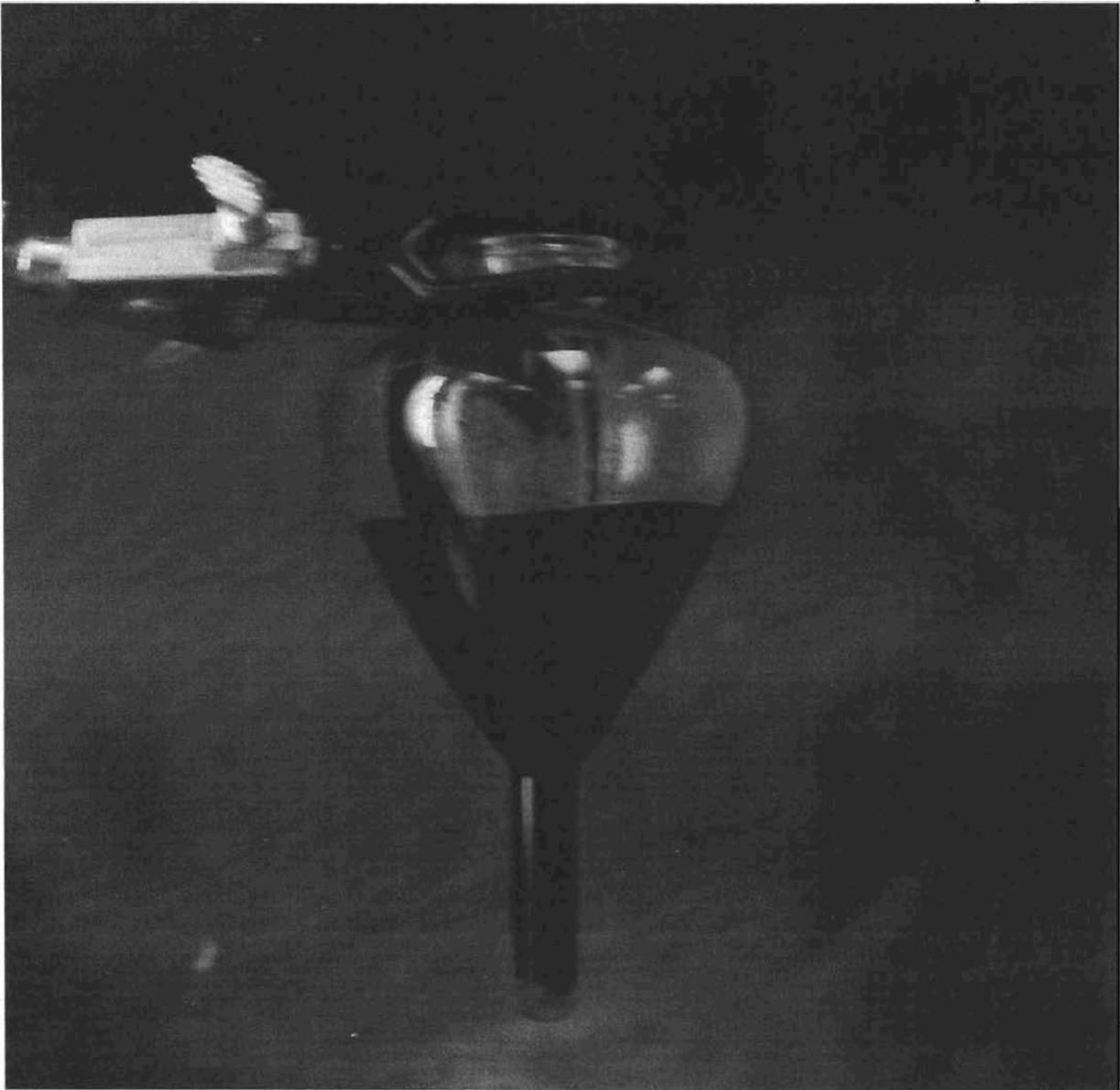
M. en C. ADRIANA DE J. AGUIRRE GUTIÉRREZ  
LABORATORIO DE RAYOS X

“ESTE DOCUMENTO SOLO PUEDE REPRODUCIRSE EN SU TOTALIDAD Y NO TOTALMENTE”

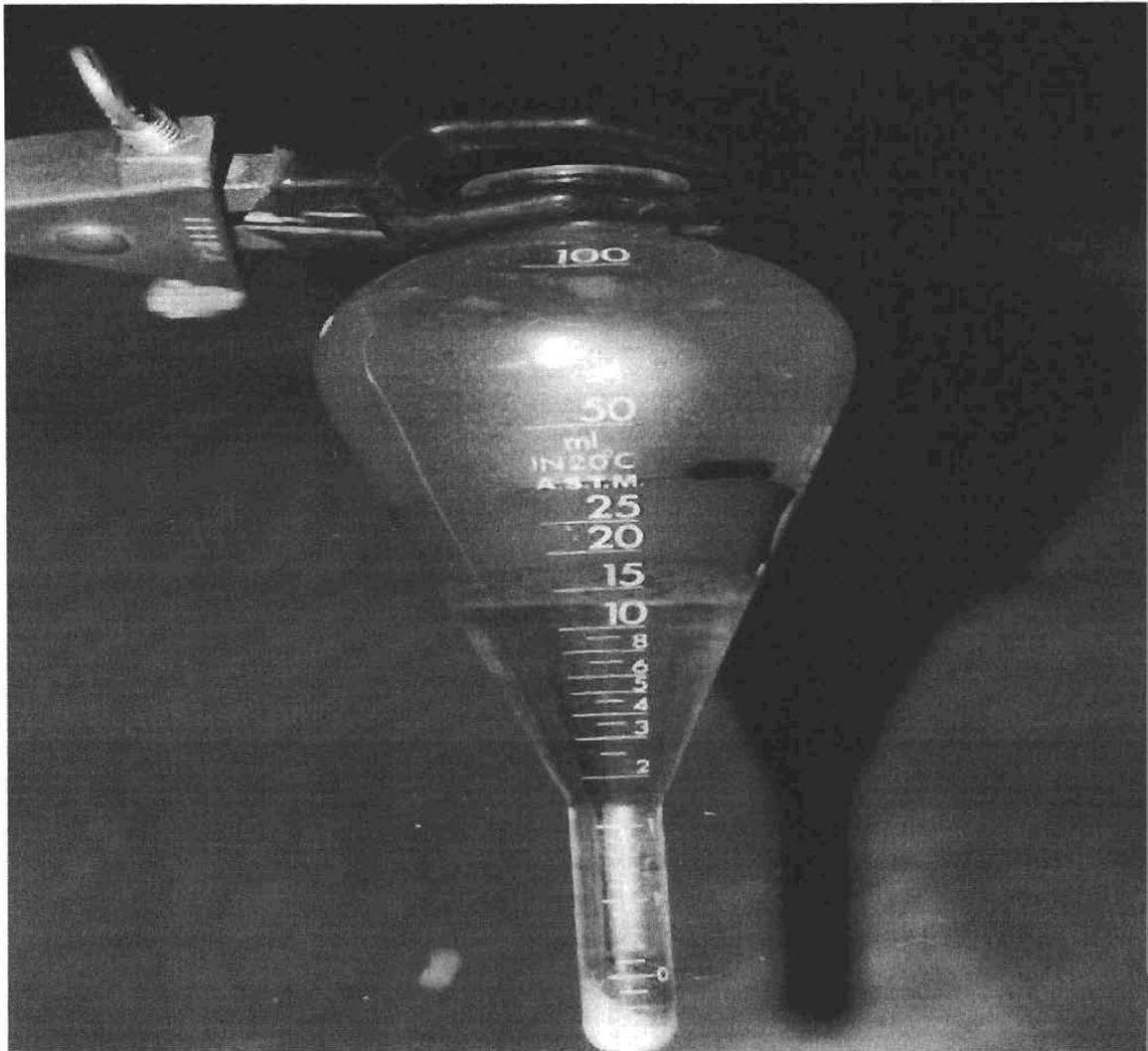
*Lo que nos distingue*

*Convertimos el conocimiento en realidades industriales.*

EJE CENTRAL LAZARO CARDENAS No. 152 APARTADO POSTAL 14-805  
07730 MEXICO, D.F. CONMUTADOR 3003-8000  
FAX 3003-8000 [www.imp.mx](http://www.imp.mx)

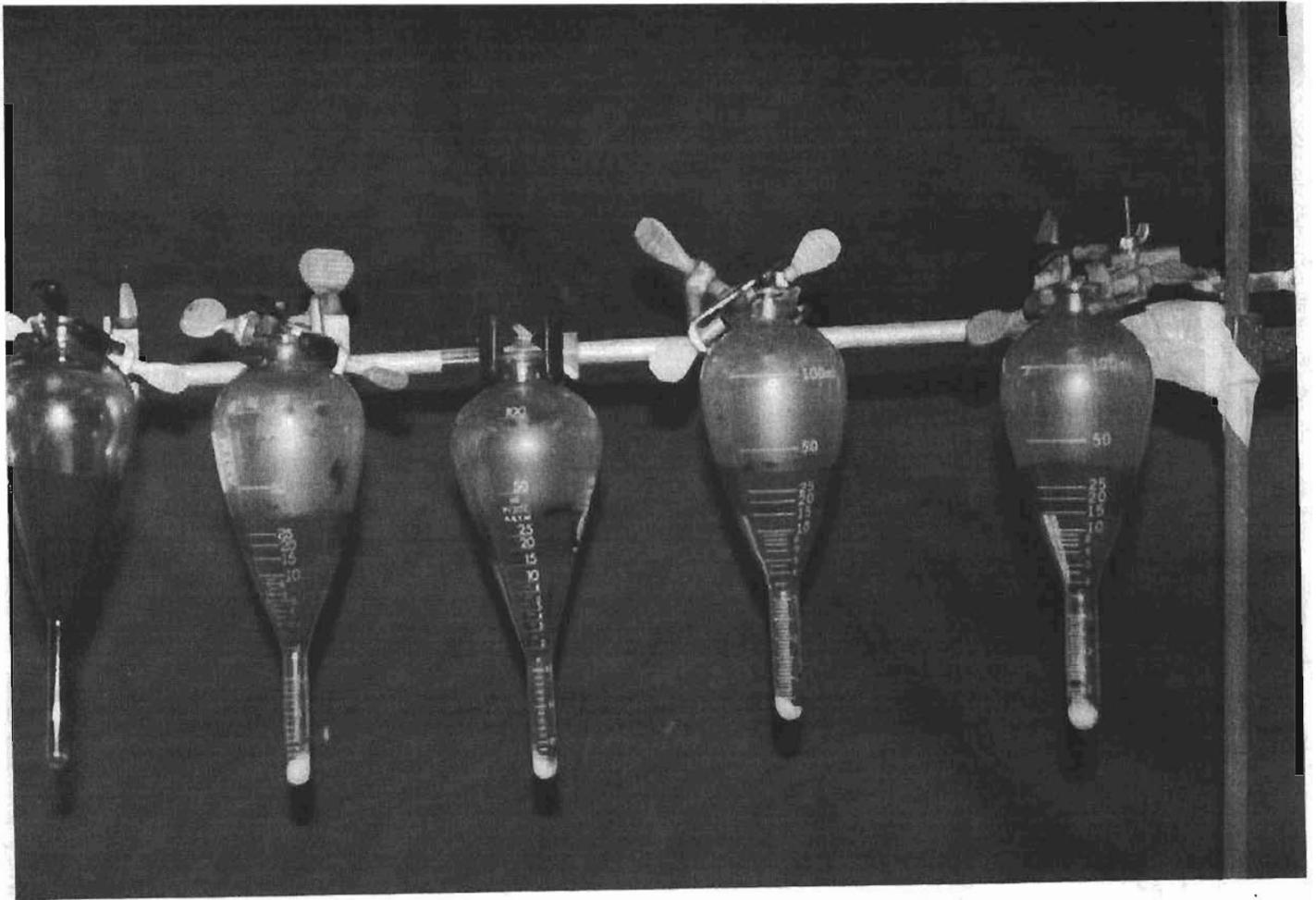


**EN ESTA FIGURA SE OBSERVA LA MUESTRA DE ACEITE DEL POZO RODADOR N° 83 ANTES DE ANALIZARSE EN EL LABORATORIO DEL I.M.P.**



**EN LA FOTO SE OBSERVA, DESPUÉS DE VARIOS PERIODOS DE CENTRIFUGACIÓN Y LAVADO, LA SEPARACIÓN DE 3 FASES COMO SON :**

- PARTE SUPERIOR, FASE EMULSIONADA.**
- PARTE INTERMEDIA, AGUA DE FORMACIÓN.**
- PARTE INFERIOR, SE OBSERVA CON CLARIDAD LA DEPOSITACIÓN DEL MINERAL DE CLORURO DE SODIO (HALITA) QUE POSTERIORMENTE FUE IDENTIFICADO POR EL MÉTODO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS "X" EN EL LABORATORIO DEL I.M.P.**



**SE MUESTRA DESDE EL INICIO, EL TRABAJO DEL ANÁLISIS EN EL LABORATORIO EN SUS DIFERENTES PERIODOS DE TIEMPO DE CENTRIFUGACIÓN Y LAVADO, DONDE SE OBSERVA EN EL FONDO DEL RECIPIENTE LA DEPOSITACIÓN DE LA SAL ( NaCl ).**

### **CAPÍTULO III .- DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.**

CON BASE AL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DEL CAPÍTULO ANTERIOR Y APOYÁNDOSE EN LAS BASES SIGUIENTES :

- 1.- EL MÉTODO DE REMOCIÓN QUE SIEMPRE SE HA UTILIZADO PARA ELIMINAR LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES EN LOS APAREJOS DE PRODUCCIÓN PARA LOS 4 POZOS PROBLEMA DEL CAMPO RODADOR HA SIDO A TRAVÉS DE LA DILUCIÓN DE LAS INCRUSTACIONES UTILIZANDO EL EQUIPO DE LA TUBERÍA FLEXIBLE CON BOMBEO DE AGUA DULCE EN EL INTERIOR DE LA TUBERÍA, POR LO QUE AL NO UTILIZAR NINGÚN MÉTODO QUÍMICO O MECÁNICO SE TIENE LA CERTEZA QUE EL TIPO DE INCRUSTACIONES ES DE CLORURO DE SODIO.
- 2.- EN LAS MUESTRAS OBTENIDAS CON LA LÍNEA DE ACERO SE HA OBSERVADO QUE SON DE SALES MINERALES DE NaCl.
- 3.- EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA PERFORADA DEL CAMPO, SE TIENE FORMACIÓN DE ANHIDRITA-SAL A LA PROFUNDIDAD DE 3608 M. POR LO QUE UNA CEMENTACIÓN PRIMARIA DEFICIENTE TENDRÍA PROBLEMAS DE COMUNICACIÓN DEL AGUA SALADA CON LOS INTERVALOS EN EXPLOTACIÓN A LA PROFUNDIDAD DE 3280 M. TENIENDO UNA P.I. DE 3300 M. DE LOS POZOS EN CUESTIÓN; AL REVISAR LOS REGISTROS DE CEMENTACIÓN, SE TIENEN ADHERENCIA PROMEDIO EN LA ZONA DE INTERES DE 55 % AUNQUE TIENE SELLOS CON ADHERENCIA DEL 85 % ;POR LO QUE ES IMPORTANTE TENER PRESENTE ESTA POSIBILIDAD DE COMUNICACIÓN Y CORREGIRLA EN LA PRIMERA OPORTUNIDAD.
- 4.-LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE EL ANÁLISIS DE LA MUESTRA DE ACEITE; NOS INDICA QUE EL AGUA DE FORMACIÓN PRESENTA UN ALTO CONTENIDO DE CLORUROS (235,000 PPM);LO CUAL ES PROPICIO PARA LA FORMACIÓN DE SEDIMENTOS O INCRUSTACIONES DE CLORURO DE SODIO(HALITA) SI ESTAS AGUAS SUFREN DESCENSOS BRUSCOS DE TEMPERATURA COMO ES EL CASO DE LA INYECCIÓN DE GAS AL OPERAR EL APAREJO DE PRODUCCIÓN EN LOS POZOS EN CUESTIÓN, FORMÁNDOSE ESTAS INCRUSTACIONES ARRIBA DE LA VÁLVULA OPERANTE DEL SISTEMA DE B.N.

CON BASE A LOS ANÁLISIS Y APOYOS DESCRITOS ANTERIORMENTE, SE CONCLUYE DIAGNOSTICANDO QUE LAS INCRUSTACIONES DE SALES MINERALES EN EL CAMPO RODADOR SON DEL TIPO DE CLORURO DE SODIO (NaCl )

## **CAPÍTULO IV.- SOLUCIONES PROPUESTAS.**

LOS MÉTODOS A UTILIZAR PARA ELIMINAR LAS INCRUSTACIONES DEBEN SER:

- RÁPIDOS.
- NO DAÑAR AL POZO NI A LA FORMACIÓN.
- SER EFECTIVOS EN LA PREVENCIÓN DE INCRUSTACIONES.

CUANDO SE HA IDENTIFICADO UNA INCRUSTACIÓN, ES NECESARIO DETERMINAR LA SEVERIDAD DEL PROBLEMA Y SELECCIONAR UN MÉTODO DE REMOCIÓN ADECUADO.

SI SE CONOCEN LAS CAUSAS QUE PROVOCAN EL PROBLEMA, CUANDO Y DONDE OCURREN, RESULTA MÁS SENCILLO COMPRENDER COMO ELIMINAR LAS INCRUSTACIONES Y DISEÑAR LOS TRATAMIENTOS NECESARIOS PARA RESTABLECER LA PRODUCTIVIDAD DEL POZO.

LAS SOLUCIONES PROPUESTAS PARA EL CONTROL DE LA PRECIPITACIÓN DEL CLORURO DE SODIO EN POZOS CON ALTO GRADO DE SALINIDAD Y EN PARTICULAR DEL CAMPO RODADOR, SON :

**A).- POR DILUCIÓN.**

**B).- UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTA ULTRASÓNICA.**

**C).- REALIZAR REPARACIÓN MAYOR PARA CORREGIR LA CEMENTACIÓN PRIMARIA .**

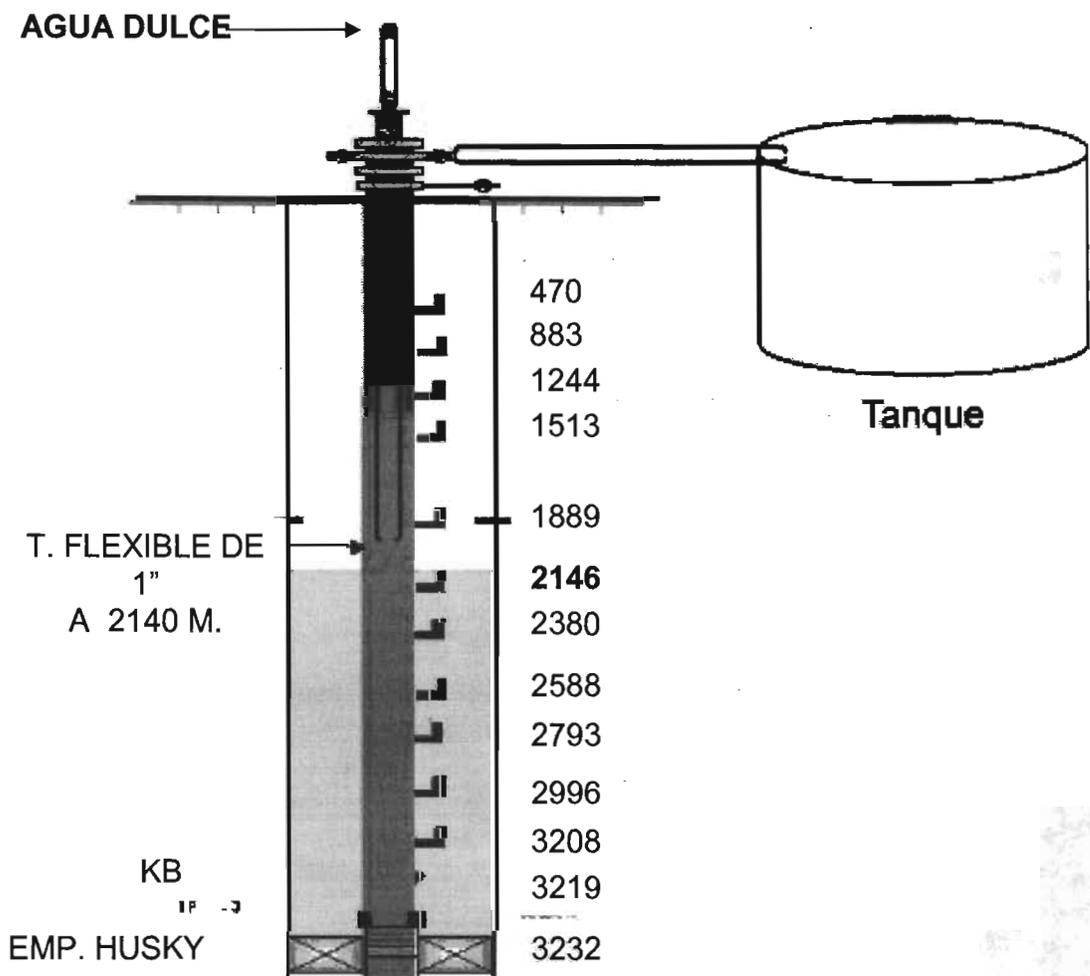
### **A).- SOLUCIÓN PROPUESTA POR DILUCIÓN**

COMO YA SE HA DETERMINADO QUE LAS INCRUSTACIONES DEL CAMPO RODADOR SON DE ORIGEN DE CLORURO DE SODIO, POR LO QUE LA REMOCIÓN DE ESTAS POR MÉTODOS QUÍMICOS Y MECÁNICOS NO ES LO CONVENIENTE EN ESTE CASO; SIENDO EL MÉTODO DE REMOCIÓN POR DILUCIÓN EL MÁS ADECUADO.

EL MÉTODO POR DILUCIÓN SE UTILIZA POR LO GENERAL PARA CONTROLAR LAS INCRUSTACIONES DE CLORURO DE SODIO (NaCl) EN POZOS CON SALINIDADES SATURADAS. LA DILUCIÓN REDUCE LA SATURACIÓN EN EL POZO ENVIANDO AGUA DULCE EN FORMA CONTÍNUA, Y CONSTITUYE LA TÉCNICA MÁS SIMPLE Y ECONÓMICA PARA PREVENIR LA FORMACIÓN DE INCRUSTACIONES DE ESTE TIPO EN LA TUBERÍA DE PRODUCCIÓN; REQUIRIÉNDOSE LA COLOCACIÓN DE UNA SARTA DE TUBERÍA DE MACARRÓN O TUBERÍA FLEXIBLE EN EL INTERIOR DE LA T.P.

# MÉTODO DE REMOCIÓN POR DILUCIÓN

POZO : RODADOR 83



## **B ) .- UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTA ULTRASÓNICA.**

ESTA HERRAMIENTA SE COLOCA CON AUXILIO DE LA LÍNEA DE ACERO EN LA TUBERÍA A PARTIR DE DONDE SE TIENE EL PROBLEMA ,LA CUAL AL EMITIR ONDAS SONORAS DE CIERTA FRECUENCIA, DESPRENDE LAS INCRUSTACIONES PULVERIZÁNDOLAS PARA DESPUÉS SER ACARREADAS POR LOS FLUIDOS PRODUCIDOS.

ESTAS 2 ÚLTIMAS SOLUCIONES PROPUESTA SON BÁSICAMENTE TÉCNICAS QUE CONSTANTEMENTE SE DEBEN SUPERVISAR PARA MANTENER EL POZO EN CONDICIONES NORMALES DE PRODUCCIÓN.

## **C ) .-REALIZAR REPARACIÓN MAYOR PARA CORREGIR LA CEMENTACIÓN PRIMARIA.**

DEBIDO A LOS BAJOS PORCENTAJES DE ADHERENCIA QUE SE OBSERVAN EN LOS REGISTROS DE CEMENTACIÓN EN LAS ZONAS DE LOS INTERVALOS EN EXPLOTACIÓN A LA PROFUNDIDAD PROMEDIO DE 3200-3300 M.;Y DEBIDO A QUE SE TIENE LA CIMA DE LA FORMACIÓN **ANHIDRITA –SAL** A LA PROFUNDIDAD DE 3608 M.; ES BENEFICIOSO REALIZAR UNA REPARACIÓN MAYOR CON EQUIPO CUYO OBJETIVO SERÁ EL DE CORREGIR LA CEMENTACIÓN PRIMARIA LA CUÁL TIENE 25 AÑOS DE ANTIGÜEDAD, PARA ASÍ TENER LA POSIBILIDAD QUE NO EXISTE COMUNICACIÓN DE DICHA FORMACIÓN A TRAVÉS DE MICROANILLOS, CAUSANDO EL PROBLEMA DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITE CON ALTO CONTENIDO DE CONCENTRACIÓN DE SAL; ADEMÁS DE PLANEAR Y SELECCIONAR LOS NUEVOS TIPOS DE DISPAROS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCCIÓN, REPRESENTANDO ESTE INCISO UNA PROPUESTA DE SOLUCIÓN DEFINITIVA A LAS INCRUSTACIONES DE CLORURO DE SODIO EN LOS APAREJOS DE PRODUCCIÓN.

EN CONCLUSIÓN DE ESTE CAPÍTULO, LAS SOLUCIONES PROPUESTAS DE LOS INCISOS "A" Y "B" PODRÍAN UTILIZARSE DE MANERA INMEDIATA; PERO EN CASO DE NO OBTENER UN CONTROL APROPIADO DE LAS INCRUSTACIONES Ó SE ELEVEN LOS COSTOS PARA SU IMPLEMENTACIÓN, ENTONCES LO MÁS CONVENIENTE SERÍA OPTAR POR LA PROPUESTA DEL INCISO "C" Y SI NECESARIO COMBINARLA CON LA DEL INCISO "A" .

## CAPÍTULO V .- ANÁLISIS ECONÓMICO.

EL COSTO DIRECTO DE ELIMINAR LAS INCRUSTACIONES DE UN POZO ALCANZA MILES O HASTA MILLONES DE PESOS, A LO QUE HAY QUE AGREGAR EL COSTO DE LA PRODUCCIÓN DIFERIDA QUE RESULTA AÚN MÁS ELEVADO.

A CONTINUACIÓN SE DESCRIBEN LAS ACTIVIDADES OPERATIVAS EN BASE AL REPORTE "SIOP", REALIZADAS AL POZO RODADOR N° 83 DURANTE EL AÑO 2002, LAS CUALES SON LAS SIGUIENTE :

N° CONSEC. DE OP.	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN
1	12 ENE.	CON T. FLEXIBLE 1" Y DIFUSOR 1-11/16" BAJA CON GASTO DE 0.2 BPM. Y P=1500 PSI CIRC. CON AGUA DULCE, BAJANDO HASTA EXTREMO DEL ABN 2-7/8" A 3232 M.
2	13 ENE.	CON ULA TRATÓ DE METER ANCLA Y RESORTE PARA TP 2-7/8"
3	14 ENE.	CON ULA Y CALIBRADOR CORTADOR 2-5/16" CHECÓ RESISTENCIA DE SAL A 40 M.
4	20 ENE.	CON T. FLEX. 1" Y DIFUSOR 1-11/16,P=2000 PSI,Q=0.2 BPM Y CIRC. CON A.D. REPASANDO RESISTENCIA HASTA EXTREMO DEL APAREJO 3232 M.
5	30 ENE.	CON T. FLEX.1-1/4" Y DIFUSOR, BOMBEANDO A.D. BAJÓ LIBRE A 3232 M.
6	14 FEB.	CON ULA BAJÓ SELLO DE PLOMO 2-1/4" A 3147 M.RESIST. FRANCA, TRATÓ DE METER ANCLA Y RESORTE S/E. POR RESIST. A 350 M.
7	27 FEB.	CON T. FLEX. 1" Y DIFUSOR 1-11/16" CIRC. CON A.D. BAJÓ HASTA 3232 M.
8	12 MZO.	CON T. FLEX. 1" Y DIFUSOR 1-11/16" CIRC. CON A.D. BAJÓ HASTA 3232 M.
9	1 ABRIL	CON ULA Y CALIBRADOR CORTADOR 2-5/8" CHECÓ RESIST.DE CASCARREA A 41 M. TRATÓ DE VENCER S/E BAJANDO HASTA 350 M.
10	3 ABRIL	CON T. FLEX. 1",P=1500 PSI CIRC. CON A. DULCE CHECÓ RESIST. DE SAL A 1880 M.,VENCÍÓ Y BAJÓ A 3232 M. EXTREMO DE LA TP.
11	4 ABRIL	CON ULA CHECÓ RESIST. DE CASCARREA A 41,72,244 Y 350 M. SIN VENCER.
12	18 ABR.	CON ULA DETECTÓ RESIST. FRANCA DE CASCARREA A 350 M.
13	8 MAYO	CON T. FLEX.1" Y N <sub>2</sub> VENCÍÓ RESIST.A 1512 Y 1883,BAJANDO HASTA 3232 M.
14	22 MAY.	CON ULA TOMÓ RPFC A 3275 M.
15	23 JUL.	CON ULA BAJÓ MUESTRERO A 1862 M. RESISTENCIA DE SAL.
16	1 SEPT.	CON T.FLEX.DE CIA.PETROTEC Y TROMPO DIFUSOR 2-1/8" CON CIRC.DE A.DULCE BAJÓ HASTA 3232 M.
17	6 SEPT.	INSTALÓ U.DE PEMEX.METÍÓ SELLO DE PLOMO 1-3/4" A 3292 M.TOMÓ REGISTRO RST MODO SIGMA DE 3292- 2775 M.

## **COSTO POR INTERVENCIONES CON EQUIPOS ESPECIALES :**

LAS 17 OPERACIONES DESCRITAS ANTERIORMENTE, COMPRENDEN HASTA EL MES DE SEPTIEMBRE DEL AÑO EN CURSO; PERO EN PROMEDIO , AL AÑO SE EFECTÚAN 13 INTERVENCIONES CON TUBERÍA FLEXIBLE Y 20 CON LA UNIDAD DE LÍNEA DE ACERO, LO CUAL REPRESENTA UN COSTO ANUAL POR POZO DE:

13 INTERV. CON T. FLEXIBLE DE PEMEX x \$ 75,000.00 C/U = \$ 975,000.00

20 INTERV. CON ULA DE PEMEX x \$ 15,000.00 C/U = \$ 300,000.00

SIENDO DE **\$ 1 275,000.00** ,EL COSTO ANUAL PROMEDIO POR POZO DEBIDO A INTERVENCIONES CON EQUIPOS ESPECIALES.

## **COSTO POR LA PRODUCCIÓN DIFERIDA :**

EL POZO TIENE UNA PRODUCCIÓN DE 200 BPD OPERANDO SIN PROBLEMAS DE INCRUSTACIONES, Y AL PRESENTARSE ESTE SE REDUCE EN UN 40 % O SEA 80 BPD ;LO QUE EN 13 DÍAS TENDREMOS UNA PRODUCCIÓN DIFERIDA DE 1,040 BLS.

SI EL COSTO DEL BARRIL DE PETRÓLEO ES DE 18 DLS.,TENEMOS UN **COSTO POR PRODUCCIÓN DIFERIDA POR POZO** DE 18,720.00 DLS. ;**IGUAL EN PESOS DE \$ 185,328.00** (DÓLAR= \$ 9.90).

FINALMENTE, EL COSTO ANUAL PROMEDIO POR POZO TOMANDO EN CUENTA LAS INTERVENCIONES DE EQUIPOS ESPECIALES Y LA PRODUCCIÓN DIFERIDA ES DE : \$ 1 460,328.00

## **COSTO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN SELECCIONADA :**

APLICANDO LA PRIMERA PROPUESTA DE SOLUCIÓN (MÉTODO DE REMOCIÓN POR DILUCIÓN)LA CUÁL ES LA MÁS CONVENIENTE Y PRÁCTICA MIENTRAS SE CONTINÚEN MANEJANDO GASTOS BAJOS DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN; PARA SU IMPLEMENTACIÓN SE TENDRÍAN LAS EROGACIONES SIGUIENTES :

1 METRO DE TUBERÍA FLEXIBLE DE 1" = \$ 58.00 (M.N.)

2140 M DE T. FLEXIBLE = **\$ 124,120.00**

COLGADOR PARA LA SARTA DE T. FLEXIBLE = 5,758.00 DLS = **\$ 57,004.00**

CUÑAS PARA EL COLGADOR = 325.00 DLS = **\$ 3,217.00**

VÁLVULA CHECK CON CONECTOR = 674.00 DLS = **\$ 6,673.00**

POR LO TANTO EL COSTO POR LA TUBERÍA Y ACCESORIOS ES DE **\$ 191,014.00** MÁS **\$ 75,000.00** POR OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE TUBERÍA FLEXIBLE POR LO QUE EL COSTO TOTAL PARA APLICAR EL SISTEMA DE DILUCIÓN EN LOS POZOS DEL CAMPO RODADOR ASCIENDE A **\$ 266,014.00**;ELIMINANDO CON ESTO LAS OPERACIONES CON EQUIPOS ESPECIALES Y PROBLEMAS DE PRODUCCION DIFERIDAS OBTENIENDO RECUPERACIONES ANUALES POR POZO ESTIMADAS EN :

1 460,328.00 – 266,014.00 = **\$ 1 194,314.00**

EN CASO DE NO LOGRARSE SOLUCIONAR EL PROBLEMA DE LAS INCRUSTACIONES DE CLORURO DE SODIO APLICANDO LAS TÉCNICAS ANTERIORES CON RESULTADOS POSITIVOS; ENTONCES SE TENDRÁ QUE REALIZAR LA REPARACIÓN MAYOR CON EQUIPO PARA CORREGIR LA CEMENTACIÓN PRIMARIA LA CUÁL TENDRÍA UN COSTO ESTIMADO DE \$ 3 100,000.00 EN UN TIEMPO DE 22 DÍAS PROMEDIO; POR LO QUE LA RECUPERACIÓN DE DICHA INTERVENCIÓN SE LOGRARÍA CON :

UNA PRODUCCIÓN ACUMULADA DE : $\$ 3 100,000 / 18 \text{ DLS POR BL.} = \$ 3 100,00 / \$ 178.20 \text{ POR BL} = 17,397 \text{ BLS.}$  EN UN TIEMPO DE :  $17,397 \text{ BLS} / 200 \text{ BPD} = 87 \text{ DÍAS}$

LA VENTAJA DE ESTA PROPUESTA AUNQUE REQUIERE DE UN ALTO COSTO Y TIEMPO; ES LA POSIBILIDAD DE ELIMINAR DEFINITIVAMENTE EL PROBLEMA DE LAS INCRUSTACIONES YA QUE SE CORREGERÍA LA CEMENTACIÓN PRIMARIA AISLANDO CON ESTO LA POSIBLE COMUNICACIÓN DE LA FORMACIÓN ANHIDRITA-SAL CON LOS INTERVALOS EN EXPLOTACIÓN.

## CONCLUSIONES.

EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, SE HAN REALIZADO IMPORTANTES AVANCES EN EL CONTROL Y EL TRATAMIENTO DE LAS INCRUSTACIONES MINERALES, TENIENDO ACCESO A UNA VARIEDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y MECÁNICOS CON ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN Y LIMPIEZA PERIÓDICA PARA ELIMINAR E IMPEDIR EL DESARROLLO DE ESTAS INCRUSTACIONES MINERALES, PROPORCIONANDO MÉTODOS RÁPIDOS Y CONFIABLES EN LA LIMPIEZA DE LAS TUBERÍAS, SIN RIESGOS PARA ÉSTAS.

LOS NUEVOS HALLAZGOS (COMO SON SENSORES DE FONDO O ELECTROQUÍMICOS, PROGRAMAS DE SIMULACIÓN QUÍMICA, ETC) RESPECTO A LA ACUMULACIÓN DE DEPÓSITOS MINERALES PERMITEN PRONOSTICAR LA FORMACIÓN DE LOS MISMOS, DE FORMA TAL QUE SE PUEDE PREVENIR SU DESARROLLO.

SI SE CONOCEN LAS CONDICIONES QUE PROVOCAN ESTE PROBLEMA; CUÁNDO Y DÓNDE PUEDE OCURRIR, RESULTA MÁS SENCILLO COMPRENDER CÓMO ELIMINAR LAS INCRUSTACIONES Y DISEÑAR LOS TRATAMIENTOS Ó MÉTODOS NECESARIOS PARA RESTABLECER LA PRODUCTIVIDAD DEL POZO A LARGO PLAZO.

PARA EL CASO QUE NOS CONCIERNE DEL CAMPO RODADOR DEL ACTIVO CINCO PRESIDENTES; CUYO PROBLEMA DE LAS INCRUSTACIONES MINERALES DE CLORURO DE SODIO HAN PREVALECIDO DURANTE MÁS DE 15 AÑOS EN LA EXPLOTACIÓN DE LAS ARENAS PRODUCTORAS 22,27, Y 28 DE DICHO CAMPO, A UNA PROFUNDIDAD PROMEDIO DE 3,300 M.; RESULTAN DE BENEFICIO LOS RESULTADOS ALCANZADOS EN ESTE TRABAJO PARA RESOLVER CON PROPIEDAD DICHO PROBLEMA, AL APLICAR LAS SOLUCIONES PROPUESTA QUE SE OBTUVIERON PARA ESTE FÍN.

## **R E C O M E N D A C I O N E S .**

EN BASE AL TIPO DE LAS INCRUSTACIONES YA CONOCIDO DEL CAMPO RODADOR, LA TÉCNICA IDÓNEA DE REMOCIÓN RECOMENDADA A CORTO PLAZO Y LA MÁS ECONÓMICA PARA EL CONTROL DE DICHAS INCRUSTACIONES ES A TRAVÉS DE LA DILUCIÓN ;CON LO CUAL AL MONITOREAR LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE PRODUCCIÓN EN EL POZO, EVITAREMOS LAS PÉRDIDAS POR LA PRODUCCIÓN DIFERIDA Y LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO CAUSADOS AL UTILIZAR LOS EQUIPOS ESPECIALES DE LA UNIDAD DE PERFORACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS; POR LO QUE LOS BENEFICIOS PARA EL ACTIVO SE VERÁN REFLEJADOS EN FORMA INMEDIATA Y SIN INTERRUPCIONES COMO SE PRESENTABAN CON ANTERIORIDAD .

ESTA TÉCNICA RECOMENDADA SERÁ APLICABLE, SIEMPRE Y CUANDO NO SE INCREMENTE EL FLUJO FRACCIONAL DEL AGUA DE FORMACIÓN PARA QUE CONTINÚEN SIENDO RENTABLE LA EXPLOTACIÓN DE ESTOS POZOS; YA QUE EN CASO CONTRARIO, LO MÁS RECOMENDABLE ES LA REALIZACIÓN DE LA REPARACIÓN MAYOR CON EQUIPO PARA CORREGIR LA CEMENTACIÓN PRIMARIA .

## B I B L I O G R A F Í A .

- 1 .- CENSO DE YACIMIENTOS PETROLEROS, REGIÓN SUR. PEMEX.
- 2 .- COMPENDIO DE INCRUSTACIONES MINERALES DEL I.M.P.
- 3.- LA LUCHA CONTRA LAS INCRUSTACIONES DE OILFIELD REVIEW, E.E.U.U. ; OTOÑO DE 1999.
- 4 .- INFORMACIÓN INTERNA DEL CAMPO RODADOR, ÁREA DE DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE AGUA DULCE, VER. DEL ACTIVO CINCO PRESIDENTES REGIÓN SUR.